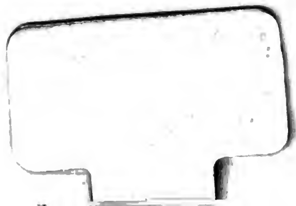






NOUVELLES EXCURSIONS

ET

SÉJOURS DANS LES ALPES.




Meyringen
Unterseck
Aar R.
Guttannen
Ritzlib
Handeck
Lac de Gelmer
th. de Nicolet a Neuchatel.

N

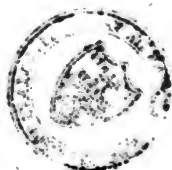






th. de Nicolet à Neuchatel.

N



NOUVELLES EXCURSIONS

ET

SÉJOURS DANS LES GLACIERS

ET LES HAUTES RÉGIONS DES ALPES,

de M. Agassiz et de ses compagnons de voyage.

PAR E. DESOR.

ACCOMPAGNÉES D'UNE NOTICE SUR LES GLACIERS DE L'ALLÉE-BLANCHE
ET DU VAL-FERRET, PAR M. AGASSIZ,
ET D'UN APERÇU SUR LA STRUCTURE GÉOLOGIQUE DES ALPES,
PAR M. STUDER.

AVEC UNE CARTE DES GLACIERS DE L'OBERLAND BERNOIS,
UNE CARTE GÉOLOGIQUE DE CES MÊMES CONTRÉES, ET
UNE COUPE IDÉALE DU SYSTÈME ALPIN



NEUCHATEL.
CHEZ J.-J. KISSLING, LIBRAIRE.
PARIS.
CHEZ L. MAISON, QUAI DES AUGUSTINS, 29.

1845

IMPRIMERIE DE H. WOLFRATH.

AVANT-PROPOS.

Je ne crois pas me tromper en pensant qu'à la suite des nombreux et importans travaux qui ont eu pour objet l'étude des glaciers et des grands phénomènes qui s'y rattachent, cette science est devenue assez populaire pour fixer l'attention même de ceux qui ne font pas une étude spéciale de la physique et de la géologie. Un accueil bienveillant a été fait à la première partie de cet ouvrage; c'est ce qui m'engage à le compléter en livrant au public le compte-rendu de notre dernière campagne au glacier de l'Aar, auquel j'ai joint le récit de quelques excursions dans des régions encore inexplorées des Alpes. Si j'ai quelque espoir que ces pages, qui font suite aux *Excursions*, jouiront de

la même faveur que leurs aînées, c'est surtout parce que MM. Agassiz et Studer ont bien voulu les enrichir, le premier d'une notice sur les glaciers de l'Allée-Blanche et du Val-Ferret, le second d'un aperçu géologique sur la structure des Alpes en général.

Neuchâtel, le 1er mai 1845.

L'Auteur.



CONTENU DE CE VOLUME.



EXCURSIONS

AUX ALPES.



CAMPAGNE DE 1844.

Depuis que les glaciers sont devenus l'objet d'études suivies, chacune de nos campagnes a eu en quelque sorte une mission spéciale, qui d'ordinaire lui était imposée par le développement momentané de la question, combiné avec les conditions atmosphériques de la saison ; telle année ce fut l'action du glacier sur le sol, telle autre année la structure de la glace, plus tard les déplacements du glacier dans son ensemble, qui fixèrent notre attention. La campagne de 1844 devait, elle aussi, avoir sa spécialité, l'étude détaillée de l'avancement des glaciers. Les mesures des années précédentes nous avaient appris que le glacier de l'Aar ne marchait pas d'une manière uniforme dans toute son

étendue; mais qu'il avançait dans une progression décroissante, depuis l'ancienne cabane de Hugi (720 mètres au-dessous de l'Hôtel des Neuchâtelois), jusqu'à son extrémité, de telle sorte que le mouvement de la portion terminale du glacier était à celui des régions voisines de l'Hôtel des Neuchâtelois, comme 1 à 3. On se rappelle de quelle manière nous avons cherché à mettre ce mode de progression en rapport avec la forme de la moraine médiane, qui s'élargit de haut en bas dans les mêmes proportions que le mouvement se ralentit. Cependant des résultats différents avaient été obtenus par d'autres observateurs sur d'autres glaciers. Il importait, par conséquent, que les observations fussent continuées, afin de savoir si l'avancement de cette année se maintiendrait dans les mêmes proportions. Nous devions aussi continuer les mesures journalières, afin de connaître le rapport qui peut exister entre le mouvement et l'état atmosphérique. Enfin nous nous proposions d'étudier le mouvement des glaciers latéraux ou glaciers de second ordre, qui n'avaient encore été l'objet d'aucune mesure, et sur lesquels on avait émis les plus étranges suppositions. C'en était assez pour remplir une campagne de plusieurs semaines. M. Dollfuss-Ausset, qui, l'année dernière, avait déjà séjourné avec nous au glacier, devait y revenir cette année, cette fois pour prendre une part active à nos travaux.

Je partis de Neuchâtel vers la fin de juillet, avec l'intention de faire une course dans les Alpes du Valais, avant de m'installer au glacier de l'Aar. M. Agassiz espérait me rejoindre plus tard; mais

il ne put réaliser son projet. La société géologique de France, réunie à Chambéry, réclamait sa présence. On devait y discuter contradictoirement les éléments de la nouvelle théorie, ainsi que les résultats obtenus par les recherches de ces dernières années. MM. Dubois de Montpéreux et Guyot accompagnèrent M. Agassiz en Savoie, et ce voyage leur fournit l'occasion de visiter en passant les glaciers de l'Allée-Blanche et de la vallée de Ferret, sur lesquels ils ont recueilli des observations fort intéressantes, qu'ils ont bien voulu me communiquer, en m'autorisant à les comprendre dans le compte-rendu de cette année.

Mon premier projet avait été d'explorer les hautes montagnes qui bordent le fond de la vallée de Tourtemagne, pour y chercher le gisement des roches du Steinhof, tandis que M. Guyot parcourait dans le même but les vallées de Zermatt et de Saas. Mais j'en fus détourné par une aimable invitation de mes amis, MM. Studer et Escher, qui me proposèrent de visiter avec eux les massifs encore très-peu connus de la chaîne qui s'étend entre le Simplon et le val Formazza. Je savais trop bien tout ce que je pourrais retirer d'enseignement et de profit scientifique à voyager dans la société de ces deux géologues distingués, pour hésiter longtemps sur le choix que j'avais à faire. Je renonçai à la vallée de Tourtemagne, et nous nous donnâmes rendez-vous à Munster, en Valais, pour le 4 août.

J'arrivai au Grimsel, le 1er août, par une pluie battante; c'est l'escorte habituelle de cette station. Il y avait encore beaucoup de neige aux environs

de l'hospice, et cependant le mois de Juillet avait été beau. C'était donc à la rigueur de l'hiver et du printemps qu'il fallait attribuer la présence de la neige en des lieux où nous n'étions pas habitués à en rencontrer à pareille saison. Ordinairement le glacier de l'Aar est dégagé au commencement d'août, jusqu'à l'Hôtel des Neuchâtelois. Cette année, il y avait encore de la neige jusqu'en face du Pavillon, et aux environs de l'Abschwung son épaisseur était si grande, que je conçus peu d'espoir de la voir disparaître pendant le cours de l'été.

J'eus le plaisir de rencontrer au Grimsel M. Sanders, de Bristol, et son neveu, qui étaient venus en Suisse pour étudier les phénomènes géologiques des Alpes et du Jura. Ils étaient curieux de voir le théâtre de nos observations, et dès le lendemain nous nous acheminâmes vers le glacier, accompagnés d'une nombreuse escorte de touristes de toutes les nations. Ce que nous avions prévu et annoncé l'année précédente, s'était réalisé [1]. Presque tous les glaciers de l'Oberland étaient en progression; c'était la conséquence nécessaire de l'été froid et pluvieux de 1843, et de la quantité de neige qui était tombée pendant l'hiver. Le glacier de l'Aar en particulier s'était considérablement accru. Il avait poussé sa moraine en avant, labouré le gazon sur ses bords, et l'on découvrait sur tout son pourtour des traces manifestes de son envahissement. Je cherchai en vain le gros bloc de granit marqué d'une croix rouge, que nous avions laissé

(1) *Excursions et séjours dans les glaciers*, etc., p. 599.

l'année dernière à 7^{m}2 en avant de l'extrémité du rempart morainique ; il avait disparu dans les débris de rochers que le glacier avait poussés devant lui. Sur le flanc gauche, le gazon était enlevé et labouré sur une étendue considérable ; le chemin de l'année dernière avait complétement disparu, et nous fûmes obligés de nous en frayer un nouveau au milieu de ces décombres. Des changements analogues s'étaient opérés sur la rive droite, preuve que l'avancement avait eu lieu sur toute la largeur du glacier et non pas seulement d'un côté, comme cela arrive souvent. La rivière avait changé de lit, et sortait maintenant par une issue assez basse qu'elle s'était creusée à quelque distance de l'ancien lit, plus près du milieu du talus. Le glacier semblait aussi s'être sensiblement exhaussé, et nos guides prétendaient qu'ils ne l'avaient jamais vu plus haut.

Nous trouvâmes la cabane en pierres, qui fut construite l'année dernière et décorée du nom de Pavillon, encore debout ; elle avait résisté avec succès à la tourmente et aux ouragans ; il n'y avait que le toit qui eût un peu souffert ; l'intérieur était encore rempli de neige et de glace et pour le moment tout-à-fait inhabitable. Les abords du Pavillon avaient aussi subi quelques changements. Le petit lac situé dans l'angle occidental du promontoire, sur lequel est construite notre habitation, s'était considérablement accru et avait intercepté l'avenue du Pavillon du côté de l'Abschwung.

Le lendemain, nous profitâmes, MM. Sanders et moi, du beau temps pour faire une course que je projetais depuis longtemps. Ceux qui ont visité

le Grimsel auront remarqué que la chaîne du Miselen, qui borde la rive gauche de l'Aar en face du Grimsel, s'abaisse insensiblement de l'ouest à l'est, si bien que les sommets dentelés qui s'élèvent à plusieurs mille pieds au-dessus de la limite des roches polies, dans le voisinage de l'Hôtel des Neuchâtelois, à l'Ewigschneehorn par exemple, diminuent peu à peu de hauteur dans le Juchliberg, jusqu'à ce qu'à la fin le Bromberg, qui est à l'extrémité orientale de la chaîne, en face du Grimsel, tombe sous la limite supérieure des polis. Au lieu d'arêtes dentelées, le Bromberg présente une immense coupole arrondie, dont les flancs sont marqués de larges et profonds sillons horizontaux, indiquant la force de l'ancien agent erratique, dont l'action a dû être ici des plus énergiques. Au sommet de ce mamelon, on découvre quelques blocs isolés, d'apparence anguleuse, qui ont tout-à-fait l'air de blocs erratiques (1). Il s'agissait d'aller examiner ces blocs et d'étudier leur liaison avec la limite supérieure des polis au Juchliberg. Nous montâmes par une sorte d'entaille ou de couloir situé au-dessus de l'extrémité du glacier. Les guides désignent cette partie de la montagne sous le nom de Bärenlamm. Nous atteignîmes, non sans quelques difficultés, le sommet du premier mamelon. Jusqu'à mi-côte, les polis conservent une grande fraîcheur; mais plus haut, ce ne sont plus guère que des surfaces arrondies plus ou moins unies, en un mot des roches moutonnées. Toutefois la limite de ces roches mou-

(1) Voyez sur la carte le profil de la ligne. A. B.

tonnées se reconnaît fort bien à une sorte de petite terrasse qui est surtout distincte en un endroit où tout le massif s'avance en forme de promontoire dans la vallée. De ce point, on distinguait fort bien la limite des polis sur la rive opposée et sur toute l'étendue des massifs environnants. J'eus néanmoins quelque peine à convaincre M. Sanders de la régularité et de la constance du phénomène; et comme il redoutait les conséquences qu'il serait obligé d'en tirer, je voulus qu'il en acquit la certitude par ses propres yeux. Il fallait pour cela lui démontrer que cette limite suivait une inclinaison régulière sur les différents pics qui bordent la vallée de l'Aar. A défaut de mesures directes, j'eus recours au procédé suivant. Je dirigeai mon bâton sur les différents points où j'avais constaté la limite les années précédentes, tandis que M. Sanders mesurait, au moyen du clinomètre, l'angle d'élévation ou de dépression du point donné. Or, voici le résultat de notre observation. L'angle que la station où nous observions forme avec la limite des polis, sur les flancs des cimes environnantes, est :

à l'Abschwung, $= 2^\circ$ d'élévation;
au Rothhorn, sur la rive gauche, $= 1\,^1/_2{}^\circ$;
à l'Escherhorn, sur la rive droite, $= 1\,^1/_2{}^\circ$;
au Zinckenstock, en face au sud, $= 0^\circ$;
au Siedelhorn à l'est, $= {}^1/_2{}^\circ$ de dépression.

Ce résultat était concluant. Il était démontré par là, que la limite supérieure des roches polies avait une inclinaison régulière, comme la surface actuelle du glacier, mais plus faible. Aussi de ce moment M. Sanders ne douta-t-il plus de la réalité du

phénomène erratique dont nous poursuivions les traces. De mon côté, je m'estimais heureux d'avoir un fait important de plus à ajouter à l'histoire des anciens glaciers, en attendant qu'il pût être vérifié par des mesures plus rigoureuses.

Nous vîmes non loin de là plusieurs exemples de blocs perchés et d'autres blocs qui reposaient de la manière la plus étrange sur des piédestaux, comme nous en avons signalé ailleurs sur le Miselen, en face de l'Hôtel des Neuchâtelois. Tous ces blocs sont de granit. Je cherchai vainement un bloc de gneiss ou de schiste provenant des régions supérieures du Schreckhorn, du Berglistock ou de l'Ewigschneehorn; je n'en vis aucun sur toute la terrasse de Bärenlamm. Leur absence s'explique par la configuration même des lieux. L'arête culminante est ici en retraite du côté du nord et forme une sorte de cirque, qui a dû être, à l'époque des grandes glaces, le siége d'un glacier propre, qui, en se déversant dans le grand glacier de l'Aar par dessus la terrasse de Bärenlamm, empêchait ce dernier d'envahir le massif et d'y déposer ses blocs. Or, comme les arêtes qui dominent le cirque mentionné sont toutes de granit, il est naturel que les débris qui en proviennent soient de la même roche.

Afin de mieux constater la limite supérieure des anciens glaciers, nous longeâmes le sommet de la montagne jusqu'en face du Grimsel, où leurs dernières aiguilles prennent le nom de Juchliberg. A mesure que l'on s'avance dans la direction de l'hospice, le contraste entre les arêtes dentelées et les surfaces arrondies et polies au-dessous d'elle, va en

augmentant; le sommet devient toujours plus tranchant, jusqu'à ce qu'à la fin il ne ressemble plus qu'à une série d'immenses dalles dressées au sommet d'une coupole. Quoique cette disposition soit un phénomène très-frappant, je ne m'étonne cependant pas qu'il n'ait pas été remarqué par les observateurs qui nous ont précédé. Dans ces régions, où tout est si colossal, il faut avoir habitué son esprit à surmonter le cahos des détails et à distinguer, au milieu des éboulements et des bouleversements de toute espèce survenus depuis l'époque historique, ce qui est l'effet d'une loi générale, de ce qui n'est qu'accidentel. Il en est de ceci à-peu-près comme des anciennes moraines, que beaucoup de personnes ne savent non plus distinguer des cônes d'éboulement.

Avant de redescendre, notre guide nous proposa de monter au sommet de l'arête du Juchliberg, d'où l'on découvre la vallée de Bæchli, creusée dans le massif de montagnes, entre le glacier inférieur de l'Aar et la Handeck. Il faut aller là, pour se faire une idée exacte de la forme et de la disposition des montagnes et des glaciers qui sont sur la rive droite de l'Aar [1]. Plusieurs glaciers, dont on soupçonne à peine l'existence, quand on reste dans la vallée, sont étalés dans de vastes cirques et entourés de tous côtés d'arêtes dentelées; tels sont le glacier du Gersten qui descend du Gerstenhorn,

[1] M. G. Studer a donné, dans ses vues des Hautes-Alpes, un panorama des montagnes de la rive droite, vues du sommet du Juchliberg.

et surtout le glacier de Gelmer qui alimente le petit lac du même nom, qui est comme emprisonné au bord de l'escarpement, et dont la teinte verte est d'un effet réjouissant au milieu de ces solitudes. Au fond de la vallée de Bæchli, qui est à-peu-près complétement aride, se trouve un petit glacier (le glacier de Bæchli), qui descend des arêtes connues sous le nom de Hühnerthälistock et communique par les hauts-cols avec le glacier de Gauli (voyez la carte). Aujourd'hui le glacier de Bæchli n'est rien moins que considérable; il a au plus une demi lieue de longueur. Mais d'après l'aspect poli et usé des rochers environnants, il a dû être bien plus étendu, à une autre époque. La limite supérieure des polis est surtout fort distincte sur les flancs du Bæchlistock; je crus remarquer en même temps que l'inclinaison de cette limite était plus forte qu'au glacier de l'Aar. On voyait à quelque distance de l'endroit où nous étions placés, un signal qui fut planté par MM. les frères Meyer, en 1811, lorsqu'ils firent le relevé topographique de cette contrée. Toute cette région est comprise dans le granit.

COURSE DANS LES ALPES VALAISANNES ET PIÉMONTAISES.

Le 4 août, jour fixé pour le rendez-vous avec MM. Studer et Escher, je m'acheminai, avec mon guide, Hans Wæhren, vers le col qui sépare le Grimsel du Haut-Valais. Le brouillard était si épais, que

nous avions de la peine à reconnaître notre chemin à quelques pas devant nous, et je pus me convaincre dans cette occasion, que les pieux qu'on entretient pour indiquer la direction de la route au milieu des neiges, ne sont pas seulement nécessaires en hiver, mais qu'ils peuvent aussi être d'un grand secours en été. Je ne sais même trop comment nous nous en serions tirés autrement. Il arrive souvent que la pluie et les brouillards dominent d'un côté de la montagne, tandis que l'autre jouit du plus beau soleil. Ces oppositions ont été surtout fréquentes cette année. C'est ainsi qu'après avoir atteint le haut du col qui domine Obergesteln, je me trouvai tout-à-coup, comme par enchantement, sous un ciel serein. Une douce chaleur succédait à la pluie glacée qui nous avait transis. Les brouillards étaient limités au sommet de la montagne, où ils formaient comme un immense mur mobile, des flancs duquel tombaient de temps en temps de grosses masses informes de nuages qui venaient mourir aux rayons du soleil, en formant de charmants arcs-en-ciel. Le même contraste se reproduit d'une manière encore plus frappante entre les deux versants des Alpes. Pendant qu'au glacier de l'Aar nous avions tous les jours la pluie ou la neige, il faisait sur les revers d'Italie le plus beau temps du monde; on ne s'y plaignait que d'une chose, de l'extrême sécheresse.

Je distinguai sur plusieurs points de la route, au-dessus d'Obergesteln, des couches de schiste au milieu du granit, absolument de la nature de ceux qu'on voit à côté de l'hospice. Ces strates ont ici le

grand avantage d'indiquer l'inclinaison générale des couches, qui, chose intéressante, plongent au nord-ouest, et un peu plus loin, au nord, comme l'a indiqué M. Studer. L'angle d'inclinaison est considérable, de 45° et au-delà. Nous avons donc ici la preuve que les couches sont disposées en éventail, c'est-à-dire s'enfoncent de dehors en dedans, sur les deux versants du massif, puisqu'au Tosenhorn, qui est à l'extrémité occidentale du massif, elles plongent à l'est, ainsi que nous le verrons plus bas, en traitant de la géologie des environs de Wetterhorn.

Un peu plus bas, là où commencent la forêt et les pentes raides, le granit fait place à un schiste très-friable, une sorte de pierre morte; c'est cette roche que M. Studer désigne sous le nom de *flysch* et qui est ordinairement interposée entre les grands massifs, tantôt au fond des vallées, tantôt sur les flancs des montagnes ou au sommet des cols. Sur cette pente de flysch gisent d'énormes blocs de granit, dont le grain diffère de celui du granit du Grimsel. Ils sont aussi plus compacts et plus quartzeux. Ce sont évidemment des blocs erratiques, qui proviennent, selon toute apparence, de la vallée de Gehren, sur le rive gauche du Rhône.

Je trouvai cette année le Haut-Valais bien plus riant que d'ordinaire, grâce aux pluies abondantes du mois de juillet. Les champs du blé adossés contre les flancs de la vallée étaient bien garnis, et les pommes de terre, ce pain du pauvre, promettaient une abondante récolte. Tout cela me paraissait si beau, si inaccoutumé, que je m'accusais main-

tenant d'avoir été injuste en dépeignant ailleurs la vallée de Conches sous des couleurs trop sombres. C'est réellement un beau pays, quand on le voit dans une année prospère.

Les montagnes qui bordent la vallée ne sont pas très-hautes (500 à 600 mètres au-dessus du Rhône); elles offrent de vastes surfaces couvertes de pâturages qui sont, dit-on, très-recherchés; aussi n'appartiennent-ils pas tous aux villages voisins, mais une partie est possédée par les bourgs situés plus bas, et l'on y amène chaque année le bétail de dix et douze lieues de distance. L'excellence des pâturages dépend aussi ici, comme en beaucoup d'autres endroits, de la nature de la roche. Le schiste et même la pierre morte (schiste talqueux), sont plus fertiles que le granit; et, ce qui semble étrange au premier abord, cette supériorité tient moins à la nature de la roche qu'à sa forme. C'est encore, selon toute apparence, un effet des anciens glaciers. Le granit, par cela même qu'il est plus dur et moins altérable, a conservé, bien mieux que le gneiss, les anciens polis, et l'on voit partout une foule de ces surfaces lisses que le gazon n'a pu envahir; tandis que le gneiss, plus attaquable, lui fournit des points d'attache bien plus nombreux et plus favorables.

De Munster à Binnen.

Tout le monde fut exact au rendez-vous. A sept heures du soir nous nous trouvâmes réunis les trois

dans la salle de l'auberge de Münster, M. Escher, M. Studer et moi, accompagnés chacun d'un porteur. On se mit aussitôt à discuter le plan de campagne, et à s'enquérir si le pays dans lequel nous comptions nous enfoncer était réellement praticable, car quelque habitué que l'on soit aux privations, encore faut-il ne pas coucher à la belle étoile. Ni l'aubergiste ni personne à Münster ne put nous donner des renseignements positifs. C'est une chose étrange que l'ignorance des montagnards sur les régions les plus voisines, sitôt qu'ils en sont séparés par une chaîne de montagnes. Il fallut bon gré mal gré s'en rapporter aux cartes. Or, qui ne sait combien elles sont inexactes pour ces contrées ! Passe encore si parmi les chemins qu'elles indiquent, il n'y en a pas d'imaginaires, et si les vallées qu'elles figurent existent réellement. C'est une chose fâcheuse à dire, que nous en soyons encore logés là pour bien des coins des Alpes. Ce qui est surtout déplorable, c'est que les cartes les plus exactes en apparence et qu'on devrait croire à l'abri des erreurs grossières, telles que la nouvelle carte de Piémont, ne soient pas sans reproche à cet égard.

Entre la route du Simplon et le glacier du Gries s'étend une chaîne de montagnes fort peu connue, une terre encore neuve pour la géologie. C'est cette région que mes amis se proposaient d'explorer, afin de la comprendre dans la carte géologique de la Suisse qu'ils préparent dans ce moment. Comme nous avions tous trois traversé l'Albrun, en d'autres occasions, c'était la partie occidentale du massif sur laquelle devait se porter de préférence notre

attention. M. Escher s'était élevé en 1841, depuis Binnen, par le chemin appelé Geisspfad (chemin des chèvres), le long du Cherwandung, jusqu'au sommet de la montagne, sans toutefois descendre en Italie. M. Studer avait traversé le même massif en 1842, et d'après les phénomènes qu'ils y avaient observés, nous étions en droit d'attendre une riche moisson d'observations nouvelles, et sous le rapport géologique et sous le rapport erratique.

Après avoir fixé les principales stations de notre itinéraire, il fut décidé que nous nous rendrions d'abord dans la partie supérieure de la vallée de Binnen, en traversant obliquement les montagnes qui s'élèvent sur la rive gauche du Rhône, en face de Münster. Il se trouvait par hazard à l'auberge de Münster un individu de Rækigen, (village valaisan, à une demi-lieue de Münster), qui avait plusieurs fois fait ce chemin et qui consentit à nous accompagner jusqu'au sommet de l'arête. Nous remontâmes à cette fin la vallée de Blinnen. Cette vallée (qu'il ne faut pas confondre avec celle de Binnen) débouche en face de Rækigen; elle a deux lieues de long, et ressemble en tout point à la vallée d'Eginen, et, comme cette dernière, elle n'est point habitée. Sa largeur est très-uniforme; l'on n'y rencontre pas de ces élargissements et rétrécissements qui font le charme des vallées de l'Oberland bernois. Le seul petit terre-plein qui aurait pu entretenir jadis quelques châlets, a été rendu inculte par l'inondation de 1834, qui l'a recouvert d'un amas énorme de pierres. C'est un bel exemple d'un transport de pierres par l'eau. Il y a là des blocs de deux

à trois pieds de diamètre, les uns arrondis, les autres seulement écornés. On conçoit, en effet, que dans une vallée étroite et à forte pente, des effets pareils puissent être produits par l'action des torrents. Au premier abord, on est presqu'instinctivement porté à s'en faire un argument contre la théorie qui attribue aux anciens glaciers le transport des blocs erratiques. Mais quand on examine la chose de près, on se persuade bientôt que, loin de porter atteinte à cette théorie, elle ne fait que la consolider; car autant il est certain que c'est l'eau qui a placé ces blocs dans leur position actuelle, autant il me paraît impossible qu'un torrent eût pu les transporter même à une très-petite distance, du moment qu'il aurait quitté la vallée pour se répandre sur une grande surface unie ou peu inclinée. Qui sait cependant si avec le temps, lorsque le souvenir de cette inondation se sera perdu, il ne se trouvera pas quelque exalté partisan de la théorie des glaciers, qui verra des moraines dans cet amas de pierres!

Malgré l'uniformité des contours, il y a dans la vallée de Blinnen quelques alternances de roches assez intéressantes pour le géologue, et mes amis reconnurent aussi ici des traces de cette même structure en éventail, que nous avons mentionnée plus haut, dans les Alpes bernoises (pag. 12), Quelques mots sur l'histoire de cette structure ne seront peut-être pas déplacés ici. Saussure déjà avait reconnu que les couches qui forment le revêtement extérieur du Mont-Blanc, n'étaient pas anticlinales, c'est-à-dire, disposées de manière à ce

que les couches des deux flancs opposés se rencontrassent dans leur prolongement sous un angle donné, comme les faces d'un toit. Il vit qu'elles étaient au contraire inclinées en sens inverse, comme si on les avait appliquées contre les flancs d'un cône ou d'une pyramide renversés [1]. D'après cela, il est évident qu'une coupe faite à travers un cône ou une pyramide pareille, doit ressembler plus ou moins à un éventail déployé; de là le nom de *structure en éventail* qu'on a donné à cette disposition des couches (v. pl. III fig. 1). La même disposition fut remarquée plus tard par M. Escher de la Linth, père, dans le massif du Saint-Gotthard, et elle ressort également des profils que M. Lardy a donnés du Galenstock et des environs du Grimsel. MM. Studer et Escher de la Linth, fils, ont reconnu par la suite que cette structure n'avait rien d'exceptionnel, mais qu'elle se retrouvait dans presque toute l'étendue des Alpes, et ce fait important une fois constaté, les conduisit encore à démontrer que les Alpes ne forment, ni sous le rapport orographique, ni sous le rapport géologique, une série continue, qu'elles ne sont pas une chaîne dans le sens que l'on attache communément à ce mot, mais qu'elles sont composées d'une succession de massifs présentant à-peu-près tous la structure en éventail que nous venons de mentionner.

Mais cette structure n'est pas toujours bien distincte, et il faut l'expérience et le coup-d'œil de

[1] La géologie n'a pas encore trouvé la raison de cette singulière structure. Diverses explications ont été proposées; mais elles sont toutes insuffisantes.

MM. Studer et Escher, pour la démêler au milieu des bouleversements et des altérations qu'on rencontre à chaque pas dans les Alpes. Aussi, quand on a été témoin des difficultés de cette étude, on ne peut assez s'étonner de l'assurance de ces géologues-touristes qui, pour peu qu'ils aient traversé une ou deux fois les Alpes, construisent un système complet, dans lequel les phénomènes les plus compliqués trouvent leur explication.

Après avoir traversé, sur l'espace d'une lieue, des couches de gneiss d'abord fortement inclinées au sud, puis ensuite verticales, on trouve, au fond de la vallée de Blinnen, des couches particulières d'un schiste noir et micacé, auquel on a donné le nom de schiste de Nufenen ou Novène, parce qu'il est dominant sur ce col. Cette roche se délite facilement et donne lieu à une terre noire qui paraît n'être pas très-fertile. Ordinairement on aperçoit de loin ses limites, soit à sa teinte sombre, soit à ses formes arrondies et émoussées qui résultent de la désagrégation. Ces limites des roches sont d'autant plus précieuses pour le géologue, qu'elles lui permettent de reconnaître toujours exactement l'inclinaison des couches, alors même que la stratification est diffuse dans l'intérieur des massifs.

Sous le rapport pittoresque, les contrées situées dans le domaine de ce schiste, sont de bien peu d'intérêt, précisément à cause de la nature friable de la roche, qui ne comporte point de ces accidents hardis, inattendus, qui font le charme des régions granitiques. Les reliefs ne s'élèvent pas à une assez grande hauteur pour alimenter des glaciers. Ce sont

ordinairement des plateaux ou des haut-cols d'une uniformité désespérante, tels que la Fourca, le col Saint-Jacques, le col de Novène, etc. Le col qui sépare la vallée de Blinnen de celle de Rappen (Rappenthal), est dans le même genre. Le fond de la vallée est tapissé par un petit glacier très-sale, qui ne présente aucun intérêt. Nous escaladâmes, le long de ce glacier, le flanc gauche de la vallée, nous élevant, par un large couloir évasé, vers une sorte de col qui n'a pas de nom, mais qu'on pourrait appeler col de *Hohesand,* du nom d'un pic qui surgit à gauche en montant. Quant nous eûmes atteint le sommet du col qui a environ 2500 mètres d'élévation, nous nous trouvâmes sur une sorte de plateau, comme il en existe à l'origine de beaucoup de vallées. De maigres pâturages s'étendent ici jusques près du col. Un petit glacier, l'un des émissaires de cette grande nappe de glace dont fait probablement partie le glacier de Gries, vient déboucher derrière le Hohesand. Comme il alimente le torrent de la vallée de Rappen, nous le désignerons sous le nom de *glacier de Rappen.* Nous fîmes une première halte au bord de ce glacier, qui avait pour moi un intérêt tout particulier, parce qu'on y voyait distinctement la stratification de la glace depuis le névé jusqu'au bas du glacier. Or l'on sait que la présence de couches dans le glacier proprement dit a été contestée par M. de Charpentier, qui prétend à tort qu'elles n'existent que dans le névé. Comme les glacier de Rappen se coude brusquement vers le milieu de son cours, il en résulte que les crevasses, qui changent subitement de

direction, forment du côté externe du coude une sorte d'éventail, comme celui que M. Agassiz a figuré dans son atlas pl. 5. Ce changement subit dans la direction des crevasses, qui coincide avec la flexion du glacier, ainsi que leur disposition rayonnante dans l'angle du coude, sont à mes yeux une confirmation de la règle que nous avons établie ailleurs, savoir que la direction normale des crevasses est perpendiculaire à la direction du mouvement. Plusieurs autres glaciers de moindre dimension recouvrent le sommet et les flancs de l'arête de Hohesand, dans son prolongement à l'ouest.

La vallée de Rappen qui court du sud sud-est au nord nord-ouest, pour aller déboucher près d'Aernen, en Valais, s'ouvre non loin de là, dans la même roche schisteuse qui forme le plateau. Elle a le caractère uniforme et monotone de la vallée de Blinnen, et n'est pas non plus habitée ou du moins ne renferme point de villages.

Pour gagner la vallée de Binnen, nous dûmes traverser un second col plus élevé que le premier. Nous vîmes ici les premiers vestiges de cette dolomie intercalée dans le gneiss, dont nous devions rencontrer par la suite des dépôts si gigantesques. Je gagnai avec M. Escher le point le plus élevé du col pour y croquer le panorama de la chaîne des Alpes bernoises, qui se présentait ici sous un aspect tout nouveau pour moi. J'admirai surtout la belle pyramide de l'Aletschhorn, qui, contrairement à la plupart des autres cimes, avait sa face abrupte tournée au sud, ce qui fit qu'elle nous parut beaucoup plus pointue que du sommet du

Schreckhorn, où elle avait également attiré notre attention. Vue d'ici, elle rivalise sous tous les rapports avec le Finsteraarhorn. Parmi les glaciers, je m'attachai surtout à celui de l'Aletsch supérieur, qui me frappa par sa faible inclinaison et sa largeur considérable relativement à sa longueur. Il descend des Nesthörner et a beaucoup de ressemblance avec le glacier d'Oberaar. Ses eaux vont s'engouffrer dans le glacier principal d'Aletsch au-dessous du coude. Du côté du midi, le panorama n'est pas moins remarquable, sans être aussi grandiose. Une quantité de cimes neigeuses s'élèvent les unes à côté des autres, atteignant à-peu-près toutes la même hauteur. Ce sont le Rappenhorn à l'est, les pics de l'Albrum, le Cherwandung, le Fletschhorn et plus loin, à l'ouest, les Strahlhörner qui sont plus gigantesques.

Comme la vallée de Binnen court de l'est à l'ouest, dans sa partie supérieure, les pentes du flanc méridional sont gazonnées jusqu'au sommet, et présentent en général des contours arrondis qu'on pourrait être tenté d'attribuer à l'action d'anciens glaciers, mais dont il vaut mieux ne pas tenir compte, puisqu'ils peuvent tout aussi bien être l'effet de la désagrégation. En général ce flanc de la vallée est très-uniforme. Ce n'est que de l'autre côté de la rivière, dans les montagnes du flanc gauche de la vallée, que l'on découvre de nouveau quelque variété de contours. Les granits et les gneiss compacts reprennent le dessus et déterminent des accidents plus variés et plus pittoresques. Mais ce qui attire surtout l'attention du géologue,

ce sont ces bancs de calcaire dolomitique qui apparaissent sur les deux versants de la vallée et qu'on prendrait de loin pour des glaciers, tant ils sont blancs et étincelants. A mille pieds environ au-dessus du petit hameau d'Imfeld, recommence la végétation des arbres. Je fus étonné du développement extraordinaire qu'atteignent ici les mélèzes. Je mesurai un tronc qui n'avait pas moins de deux mètres de diamètre. A Imfeld, nous nous trouvions en pays de connaissance. MM. Studer et Escher espéraient y retrouver le même guide qui les avait déjà accompagnés antérieurement dans les Alpes d'Italie, Frantz Weltsch, chasseur de chamois et cristallier, connu sous le nom de Weltschen-Frantz, car, dans ce pays, on a l'habitude de placer les noms de famille avant les noms propres. Il était absent lorsque nous arrivâmes, et pour qu'il ne nous échappât pas, M. Studer consentit à l'attendre, tandis que nous nous dirigeâmes, M. Escher et moi, vers Binnen, afin d'y préparer nos quartiers pour la nuit. Nous cherchâmes vainement parmi les cailloux de la rivière, quelque roche analogue aux granits talqueux qui forment les grands blocs du Steinhof, et que nous désignerons à l'avenir avec M. Jurine, sous le nom d'*arkésine*. Tous les cailloux sont de gneiss compact ou de gneiss veiné, avec quelques galets de serpentine provenant du Geisspfad, qui débouche sur la rive gauche, au-dessus d'Imfeld. Nous pûmes ainsi nous assurer une seconde fois que les blocs de Steinhof ne proviennent pas de la vallée de Binnen, comme l'a prétendu M. de Charpentier.

L'auberge de Binnen est moins mauvaise qu'on ne devrait l'attendre; il y a des lits, et s'ils ne sont pas très-moelleux, ils sont du moins propres. Le village est dans une position très-pittoresque, situé au confluent de la rivière de Heiligenkreuz avec la Binna. Tout autour sont des collines arrondies et allongées, semblables à d'immenses tumulus. Je fus curieux de connaître leur composition, et trouvai à ma grande satisfaction que la plupart étaient d'anciennes moraines.

De Binnen aux Alpes de Veglia, à l'origine du Val Vegero.

La vallée de Heiligenkreuz est d'une rare beauté, tapissée de chaque côté de charmantes prairies dont la verdure repose agréablement l'œil fatigué. Les arbres y sont d'une belle venue et il y règne, dit-on, toute l'année une certaine fraîcheur qui tient à sa configuration et à sa direction, et qu'on chercherait en vain dans la plupart des autres vallées du Valais. Le hameau de Heiligenkreuz est situé, comme le village de Binnen, au confluent de deux torrents, dont l'un descend de la Kriegsalp au midi, tandis que l'autre vient du fond du Mättithal à l'ouest. La chapelle de ce hameau est en grand renom de sainteté, et bon nombre de pélérins s'y rendent de toutes les parties du Valais.

Pour le géologue, les confluents des rivières sont des points très-importants, car comme chaque torrent entraîne avec lui un répertoire plus ou moins

complet des diverses roches qui se trouvent dans son domaine, rien n'est plus facile que de se guider dans la recherche des gisements, d'après les indications fournies par les pierres des torrents. Il y a parmi les galets du torrent de la Kriegsalp une variété particulière de granit qui n'a pas encore été trouvée à l'état erratique sur les flancs du Jura, et pourtant il est probable qu'elle a aussi fourni autrefois son contingent de débris. Mais d'après la loi de répartition erratique établie par M. Guyot, et dont nous traiterons plus bas, ce n'est en effet pas sur le Jura, mais à l'extrémité du rayon erratique du Rhône, probablement sur les limites de l'Argovie, qu'il faudra la chercher.

Un peu en amont de Heiligenkreuz, la vallée de Mättithal se divise à son tour en deux couloirs, dont l'un conserve le nom de Mättithal, tandis que l'autre, qui descend des arêtes situées au sud-ouest, prend le nom de Giebelthal. C'est cette dernière que nous suivîmes. La montée, quoique roide, ne présente aucune difficulté, et à mesure que nous nous élevions au-dessus de la région des mélèzes, nous nous plaisions à voir les grands pics de l'Oberland, que nous avions admirés la veille, surgir de nouveau l'un après l'autre à l'horizon, se dessinant avec une rare pureté sur un ciel sans nuage. Nous approchâmes ainsi peu à peu du sommet de la paroi que j'avais d'abord pris pour le point culminant. Qu'on juge de notre surprise lorsque, arrivant au haut de cette paroi, nous nous trouvâmes en face d'un immense amphithéâtre creusé dans une seconde arête bien plus haute que l'autre:

c'était le cirque de Giebel. Au premier abord, on aurait pu se croire transporté dans un de ces grands amphithéâtres que l'antiquité se plaisait à élever dans ses principales cités, si sa grandeur même ne nous avait rappelé, qu'il n'appartient qu'à la nature de réaliser des œuvres pareilles. Ce cirque a environ un quart de lieue de diamètre. Ses parois s'élèvent verticalement à une hauteur de 4 à 500 mètres, et ce qui ajoute encore à sa ressemblance avec nos monuments d'architecture, c'est l'horizontalité des couches, dont les tranches ressemblent à des murs construits en pierre de taille.

Le fond de ce cirque est occupé par un glacier, qu'on est étonné de trouver si petit, quand on considère avec quelle facilité la neige doit pouvoir s'y accumuler pendant l'hiver; mais il paraît que le fœhn, le siroco de la Suisse, qui souffle ici avec plus d'efficacité que dans la chaîne bernoise, ne laisse pas à la neige d'hiver le temps de se transformer en glace. Il était évident pour moi, à la seule vue de cette localité, qu'elle avait dû être le séjour de grands glaciers à une autre époque; et, en effet, nous ne tardâmes pas à découvrir des traces de polissage avec des sillons, à l'entrée du cirque et sur plusieurs points de ses flancs. Je reconnus aussi des indices de la limite supérieure des polis, à plusieurs centaines de pieds au-dessus du fond de la vallée. Cependant notre admiration pour ce site unique se calma un peu, lorsque notre guide nous annonça que c'était au fond de ce cirque qu'il nous fallait chercher un passage. De chemin, il n'y en avait plus; ce n'était que pentes raides, roches

éboulées et lambeaux de névé; aussi mîmes-nous deux grandes heures pour atteindre le haut du col. Cette fois c'était bien réellement le sommet. Il n'y avait autour de nous que quelques pics qui s'élevassent au-dessus de notre niveau. Nous fûmes nous jucher sur le point le plus élevé, où M. Escher dessina à la hâte le panorama du Finsteraarhorn qui est, si possible, encore plus beau que du haut de la vallée de Rappen. Ce col, qui a près de dix minutes de largeur, porte sur les cartes le nom *Passo di Boccareccio*. Sa hauteur est d'environ 3000 mètres. Nous fûmes frappés de l'aridité absolue de la roche du sommet. C'est un micaschiste argenté passant à un gneiss à petits grains, qui tantôt se délite en grandes dalles, tantôt se présente à la surface sous la forme de grands massifs couverts çà et là de glace ou de neige. Je ne vis aucun vestige de polissage, et cependant la roche était complètement nue. Ce qui me frappa surtout ce fut l'absence complète de végétation. Sur toute la largeur du col, on ne découvrait pas une mousse, pas un lichen, et pourtant je savais que sur d'autres cimes bien plus élevées, telles que le Schreckhorn, la Jungfrau, etc., la roche se tapisse de lichens partout où elle vient à percer. Je ne vois qu'une explication de cette aridité extrême, c'est que pendant la plus grande partie de l'année, ce col reste couvert de neige et de glace qui étouffe la végétation. Impatients de gagner le revers opposé, comme l'on est toujours aux portes de l'Italie, nous ne fîmes qu'une courte halte au sommet du col. Si nous avions été surpris en découvrant le cirque de Giebel, nous

devions l'être encore bien plus en arrivant au bord de l'escarpement méridional. Un nouveau cirque bien plus vaste était étendu à nos pieds, le cirque du Monte-Leone. Son diamètre n'était plus d'un quart de lieue, mais de près d'une lieue. Une immense muraille l'entourait de tous côtés, ne lui laissant qu'une étroite issue au sud-est, pour écouler ses eaux, et sur cette muraille titanique s'élevaient, comme autant de tours gigantesques, les plus grands pics de la contrée : le Hillhorn, le Bortelhorn, le Furkebaum, et le plus imposant de tous, le Monte-Leone, séparés les uns des autres par autant de glaciers, qui tous versent leurs eaux dans le cirque. Ai-je besoin de dire que ce fut avec une sorte de recueillement que nous promenâmes nos premiers regards sur cette étrange configuration du sol alpin, qui nous rappelait le travail de la nature au moment de ses plus terribles paroxismes? Le chasseur de chamois, le simple pâtre dépose ici son fardeau pour admirer ce spectacle qu'il trouve d'une beauté inaccoutumée. « Je voudrais venir ici toutes les années » me disait mon guide, et en effet pour peu qu'on ait le sentiment des belles et grandes choses, on doit aimer un pareil site. A bien plus forte raison devions nous le trouver intéressant, nous qui cherchions à lire dans les détails de cette œuvre colossale, la cause et le secret de son origine.

Le col Boccareccio débouche sur la paroi septentrionale du cirque, entre le Hillhorn à l'ouest et quelques pics moins élevés qui font partie de l'arête d'Oesi *(Oesigrat)* à l'est. Les parois sont à-

peu-près verticales du côté du cirque, de telle sorte que les accidents que l'on évite avec le plus de soin ailleurs, entre autres les éboulements de rochers et les taches de neige, sont ici les seuls endroits praticables pour la descente, parce qu'ils offrent au moins une pente continue. Il est inutile, après cela, de dire que l'on ne chemine pas sans difficulté dans ces régions. Nous vîmes que pour descendre au fond du cirque, le plus court était de se laisser glisser sur les champs de neige qui tapissaient les premières pentes. Mais il fallait pour cela traverser un couloir de neige qui n'avait pas moins de 50° d'inclinaison, et dans lequel s'ouvrait, à quelques pas de-là, une large et profonde rimaye. C'était le premier passage difficile que nous rencontrions; aussi y eut-il un moment d'hésitation, et ce ne fut que quand nous vîmes qu'il n'y avait pas d'autre issue, que nous nous décidâmes à passer. Quelques semaines plus tard nous l'eussions certainement franchi sans sourciller, tant il est vrai que l'aplomb et le sang-froid, si nécessaires pour les courses dans les hautes régions, ne s'acquièrent pas tout d'un coup, même par ceux qui ont une grande habitude des montagnes. C'est un apprentissage qu'il faut plus ou moins recommencer toutes les années. Quand toutes les difficultés furent surmontées, nous allâmes nous établir sur une sorte de petite terrasse qui fait saillie dans le cirque, pour y diner de quelques œufs, la seule provision que nous eussions pu faire à Binnen.

De ce point nous pûmes observer en détail la forme exacte du cirque et la disposition des cou-

ches sur tout son pourtour. Les escarpements des rochers représentent un amphithéâtre à-peu-près régulier; peut-être cependant est-il un peu moins cintré du côté du nord, que du côté de l'est et de l'ouest. Les couches sont horizontales ou du moins très-peu inclinées, et la stratification est des plus distinctes sur une foule de points. Quelle est l'origine de ces cirques ? C'est une question capitale, qui mérite une grande attention de la part de la géologie, mais qui ne saurait être traitée à fond dans une simple esquisse, parce qu'elle se rattache trop intimement à l'ensemble de la configuration des Alpes. MM. Studer et Escher nous donneront sans doute un jour la solution du problème, quand ils nous expliqueront l'origine et les diverses phases du soulèvement des Alpes.

En somme, le phénomène des cirques me paraît cependant moins exceptionnel qu'il ne semble au premier abord. Leur apparente anomalie est peut-être moins une conséquence de leur structure que de leurs dimensions; peut-être leur immense étendue nous fait-elle trop facilement perdre de vue la liaison qui peut exister entre eux et les vallées qui s'y rattachent et dont ils sont les points de départ. En effet, le cirque du Monte-Leone paraîtrait bien moins extraordinaire si, au lieu d'avoir près d'une lieue de diamètre, il n'avait que le dixième de cette étendue. Ce serait alors un simple élargissement de la vallée. Or toutes les grandes vallées des Alpes ont à leur origine un élargissement semblable, qui d'ordinaire est plus ou moins circulaire. C'est même là un trait caractéristique de l'orographie des Alpes,

sur lequel nous avons déjà insisté ailleurs, en montrant que ces cirques sont la cause essentielle de l'existence de nos grands glaciers, puisqu'ils servent de réservoirs aux névés, et que c'est là que s'accumule en hiver la neige qui sert à l'entretien des glaciers pendant la saison chaude. Tels sont les cirques du Lauteraar, du Finsteraar, du glacier de Viesch, du glacier d'Aletsch, du glacier des Bois et tant d'autres. Ce qui distingue le cirque du Monte-Leone, et ce qui lui donne cette apparence particulière de structure artificielle, c'est qu'il est ouvert dans des couches horizontales. Les cirques des névés que nous venons de citer, sont, au contraire, tous creusés dans des massifs de couches verticales. Peut-être aussi l'effet serait-il plus saisissant s'ils n'étaient pas occupés par des névés.

Quand on considère la position élevée du cirque du Monte-Leone, on est tout étonné qu'il ne soit pas envahi par des glaciers. Peut-être suffirait-il d'une faible altération du climat pour en faire un grand réservoir de glace, et, comme d'après la loi que nous avons exposée ailleurs, l'étendue des glaciers est toujours en rapport avec la grandeur de leur berceau, il s'en suivrait qu'une fois rempli de névé, le cirque de Monte-Leone serait à même d'alimenter un grand glacier. Il suffirait pour produire un résultat pareil, que les cinq glaciers de second ordre qui occupent les cols entre les différents pics, descendissent un peu plus bas; la température du fond du cirque se trouverait par là sensiblement abaissée, et les neiges, au lieu de fondre toutes les années, se transformeraient en névé et en glace.

Notre intention avait d'abord été de pousser ce même jour jusqu'à Dever, à l'origine du val de Devera, mais il y avait à craindre qu'en restant toujours sur la hauteur, les principaux phénomènes géologiques nous échappassent. Nous décidâmes par conséquent que nous irions chercher un gîte dans quelque chalet au bas des escarpements. Nous découvrîmes en effet plusieurs groupes de chalets au fond du cirque ; l'un d'eux, le plus éloigné, avait même une petite chapelle. C'était le hameau d'été de San Giacomo, et l'on nous apprit que le curé du village voisin venait y dire la messe de temps en temps.

Un autre groupe de chalets situé au nord de San Giacomo porte le nom d'Alpe de Veglia (en allemand Wey-Alp). Nous allâmes y demander l'hospitalité dans le premier chalet que nous rencontrâmes. Le propriétaire nous reçut avec cette aisance et cette urbanité naturelle qu'on retrouve en Italie jusque dans les dernières classes de la société, et tout en nous annonçant qu'il n'avait à nous offrir que du lait et du riz pour souper et le foin du châlet pour dortoir, il nous engagea à entrer. Nous n'hésitâmes pas un instant à accepter, car l'allure de cet homme nous avait plu d'entrée, et d'ailleurs il était impossible de trouver un plus beau site. Les pics qui s'élèvent sur toute l'enceinte du cirque, nous paraissaient maintenant bien plus imposants, que lorsque nous les voyions tous à égale distance. Comme l'heure n'était pas très-avancée, M. Escher eut le temps de dessiner le panorama de Monte-Leone. Des cinq glaciers interposés entre les dif-

férents pics, et qui viennent apporter au cirque le tribut de leurs eaux, le plus considérable est le glacier des Eaux-froides, occupant le col entre le Monte-Leone et le Furkebaum; c'est le même qui se déverse aussi du côté du Simplon. Il paraît que le passage n'en est pas dangereux, et que l'on gagne sans difficulté la route du Simplon en le traversant. Ce glacier présente aussi quelques accidents qui ne sont pas sans intérêt pour l'étude des glaciers en général. Près de son extrémité, il est tout hérissé d'aiguilles, mais seulement du côté gauche, tandis que le côté droit est à-peu-près uni. Nous vîmes en même temps que la partie crevassée et déchirée correspondait à un renflement notable du sol, et que les aiguilles disparaissaient exactement là où le renflement cessait, d'où je conclus que, ici du moins, les aiguilles sont occasionnées par le relief du sol. Nous vîmes aussi sur cette même coupe les couches du glacier distinctement superposées.

Les roches polies ne sont pas étrangères à ce cirque remarquable; on en reconnaît des traces sur plusieurs points et notamment sur les flancs du pic qui forme le prolongement oriental du Mont-Leone, là où le cirque communique par une gorge étroite avec la vallée. La limite supérieure des polis est aussi ici des plus distinctes. Je l'évalue à 500 mètres au-dessus du fond de la vallée. La roche en place est du gneiss assez friable, ensorte qu'il n'est pas étonnant que les traces du frottement ne se soient pas conservées sur tous les points. Cependant M. Escher m'a assuré en avoir vu de fort belles et en très-grand nombre dans toute la partie supérieure de la vallée de Vegero.

Nous vîmes aussi des traces de moraines, mais toutes n'étaient pas également distinctes; d'ailleurs les éboulements, qui recouvrent en une foule d'endroits les parois du cirque, font qu'il est souvent difficile de tracer la limite entre les deux phénomènes. Il y a pourtant à mi-côte, sur le flanc oriental du cirque, un rempart qui nous a paru d'origine glaciaire.

Cependant les pâtres, nos amphytrions, avaient mis sur le feu la grande marmite; et comme on ne pouvait nous offrir des mets bien variés, on voulut au moins qu'il y en eût pour tout le monde. Une conversation animée s'établit pendant le souper entre les indigènes et ceux d'entre nous qui savaient l'italien. Ayant par hazard adressé la parole en français à l'un des pâtres, je fus très-surpris de l'entendre me répondre avec une grande facilité dans la même langue. Il m'apprit qu'il avait séjourné longtemps à Paris et dans les principales villes de France et de Suisse, où il avait exercé la profession de tourneur en métal. Je ne pus m'empêcher de lui témoigner mon étonnement qu'il ne trouvât pas cette vie des montagnes trop dure après avoir connu le comfort des villes. La raison en était cependant bien simple et j'aurais dû la deviner. Après une longue absence, il avait voulu revoir ses vallées piémontaises; revenu au pays avec l'intention d'y passer quelques jours, il avait rencontré, parmi les filles du village, une ancienne connaissance. Celle-ci s'était aussitôt emparée de son cœur. Il l'avait épousée, et près de l'objet de ses amours, il ne s'était pas aperçu que sa couche était dure et

son pain noir. Il est devenu père de famille, et maintenant le voilà de nouveau habitué à ce genre de vie, qu'il ne se soucie pas d'échanger contre un autre.

Après le souper, le maître du chalet nous mena coucher. Un petit gite avait été préparé pour nous sur le foin, à côté du dortoir de la famille, qui nous cédait une partie de ses couvertures. Un feu de bois de pin fut allumé, en guise de chandelle, sur une pierre, au milieu du grenier, pour éclairer notre toilette de nuit. Quoique l'espace que nous occupions fût assez étroit, je crois cependant que nous y aurions dormi passablement si nous n'avions été réveillés à chaque instant par les cris et les pleurs des enfants, qui s'accomodaient mal, à ce qu'il paraît, de notre visite. De tous les maux c'était le pire. Aussi, pour que cette triste expérience ne soit pas perdue pour d'autres, j'engage mes collègues, les géologues célibataires, qui voyagent dans les Alpes d'Italie, à s'assurer, avant d'établir leur quartier dans un chalet, s'il n'y a pas de petits enfants. En Suisse cet inconvénient est moins à craindre. On n'y emmène guère les enfants dans les chalets supérieurs.

De Veglia à Dever.

Nous quittâmes les chalets de Veglia le 7 août au matin, et comme notre intention était de rester sur les hauteurs, nous remontâmes les flancs du cirque par un large couloir, une sorte de vallée

pierreuse, qui est creusée dans la partie orientale de l'amphithéâtre. En général ce côté du cirque a un caractère moins abrupt que le côté du nord et de l'ouest; l'arête est moins élevée, les pics moins menaçants et les pentes moins rapides. Nous nous proposions de gagner ce jour-là les hameaux de Dever, qui sont à l'origine du val de Devera ; nous traversâmes à cette fin un haut-col appelé col de Valtenire, qui sépare le val Bondoler du cirque du Monte-Leone. Le point culminant de ce col n'est point une arête escarpée, mais un vaste plateau aride et presque désert, où les roches éboulées alternent avec les neiges, sans donner lieu à aucun accident pittoresque. La vallée de Bondoler qui débouche dans le val Devera, au-dessous de Dever, participe encore de cette aridité ; aussi n'est-elle pas habitée. Les paturages y sont fort maigres, ce qu'il faut attribuer en partie à la nature de la roche. La dolomie que nous avions vue affleurer sous le gneiss sur plusieurs points des flancs du cirque et jusque près du col, atteint ici un développement prodigieux. Elle est en couches à-peu-près horizontales, comme le gneiss entre lequel elle est intercalée, et en plusieurs endroits son épaisseur va jusqu'à 200 et 300 mètres. On la reconnaît de loin à sa teinte d'un blanc jaunâtre. Nous y cherchâmes vainement des fossiles : il paraît qu'elle en est tout aussi dépourvue que le gneiss dans lequel elle est enchassée.

Après avoir cheminé un quart d'heure dans la vallée de Bondoler, nous la quittâmes pour remonter un couloir fort raide creusé dans la dolomie du

flanc gauche de la vallée. Arrivés au sommet, nous rencontrâmes un petit sentier qui nous conduisit par-dessus un autre col dans les Alpes, dites de Muscègne. Ce second col est si possible encore plus aride que celui de Valtenire. Le sol est tout couvert de blocs de dolomie, qu'on prend de loin pour des champs de neige à cause de leur blancheur, et lorsqu'il fait du soleil, leur éclat est tout aussi insupportable pour l'œil que celui de la neige fraîche. Géologiquement parlant, cette contrée est du plus grand intérêt; car nulle part ailleurs on ne voit plus distinctement les alternances des roches calcaires avec les roches siliceuses.

Les Alpes de Muscègne situées à l'origine de la vallée de Devera ont le même caractère que celles de Bondoler. Pour les habitants de la contrée, ce n'est point encore là la vallée; c'est tout simplement la montagne; la vallée proprement dite ne commence pour eux qu'à Dever. Il ne suffit pas à leurs yeux d'une coupure dans un massif de montagnes, ni même d'un ruisseau coulant dans une dépression ou dans un couloir, pour faire une vallée. La vallée pour eux, c'est l'opposé de la montagne, c'est-à-dire une découpure profonde dans laquelle un torrent roule ses eaux de terrasse en terrasse; aussi ce qui ailleurs passerait pour une vallée bien caractérisée n'est ici qu'un sillon ou un trou *(Krachen, Runze)*. La végétation des arbres s'élève jusqu'à 300 mètres au moins au-dessus du hameau de Dever. Elle est composée exclusivement de mélèzes; mais nous fûmes étonnés de voir que sur une étendue considérable (plus de 10,000 mètres carrés) tous ces arbres

étaient desséchés comme s'ils avaient été frappés de mort tous à la fois. On voit la même chose dans une forêt au-dessus du village de Foppiano. Là aussi se trouvent de grands espaces où tous les sapins sans exception sont desséchés. Je voulus m'informer à Wald, depuis quand ces arbres avaient cessé de vivre, mais personne ne sut me renseigner. Il paraît qu'on n'arrête pas son attention à des futilités pareilles, dans ce pays, où la culture des forêts est encore complètement dans l'enfance. Ce n'est pourtant pas, comme on l'a dit, dans la forme de gouvernement qu'il faut chercher la cause du mal, mais bien dans l'égoïsme stupide des communes qui ne savent voir en toutes choses que l'intérêt du moment, quelle que soit d'ailleurs la constitution du pays dont elles ressortent.

Nous passâmes devant la sortie du Geisspfad que M. Escher avait traversé il y a deux ans, en venant de la vallée de Binnen, et où il avait reconnu la présence de la serpentine. La position de cette roche au milieu du gneiss, formant le sommet de l'arête qui sépare la vallée de Binnen du versant méridional de la chaîne, est en effet des plus extraordinaires. Elle occupe, d'après M. Escher, tout le sommet de la montagne sur un espace d'environ une lieue carrée, et paraît former le sommet de l'éventail, du moins voit-on dans le pic qui porte le nom de Grampelhorn, à côté du Cherwandung, les couches de gneiss plonger distinctement au nord, sous un angle d'environ 20°. Le contact se reconnaît de loin et d'une manière précise aux teintes différentes qu'affectent les roches : la serpentine est

toute rouge et cuivrée ; le gneiss sous-jacent est gris, et ce qui rend la limite encore plus tranchée, c'est qu'entre les deux roches est interposée une mince couche d'une teinte noire qui paraît être de l'amphibole. Jusqu'ici il est difficile de se rendre compte de la présence de ce singulier dépôt de serpentine. J'espère néanmoins que MM. Studer et Escher nous expliqueront quelque jour ces rapports avec les autres gisements de la même roche. Peut-être cette localité fournira-t-elle alors un nouvel appui à la théorie du métamorphisme, en nous faisant mieux connaître la liaison de la serpentine avec les différents terrains métamorphiques.

Il est impossible de rien voir de plus pittoresque que l'origine de la vallée de Devera. C'est une sorte de cirque semblable à ceux du Monte-Leone, moins la stratification horizontale. Le fond en est parfaitement horizontal, comme dans les élargissements de la vallée de l'Aar (le Rætherichsboden, Im-Grund, etc.), et recouvert d'une belle verdure qui remonte fort haut, sur les flancs du cirque, où, grâce à une irrigation abondante, on voit se transformer en prairies productives des pentes qui ailleurs seraient considérées comme inaccessibles à cause de leur raideur. On venait de récolter le foin sur ces prés où nous osions à peine nous hazarder, tant ils sont escarpés. De pareils sites font plaisir à voir, surtout lorsqu'on a cheminé toute la journée sur des cols arides et désolés. On éprouve alors le désir de se reposer quelque temps au milieu de cette belle verdure, et comme le charme naît en général de l'opposition des contrastes, le fond plat

de ce petit cirque prend un attrait tout particulier, au milieu de ces grands reliefs. L'effet pittoresque est encore augmenté par une quantité d'énormes blocs de serpentine qui recouvrent les premiers gradins du côté du nord, et se mêlent aux groupes d'habitations éparses çà et là. Ces blocs ne sont pas d'origine erratique et la plupart sont des éboulis descendus du pic même du Grampelhorn.

On voit dans un couloir qui descend de cette montagne, un exemple frappant de la manière dont les torrents disposent les matériaux qu'ils charrient. Le torrent ne se contente pas de se creuser son lit; il le flanque encore de chaque côté d'une digue énorme, qu'il place et déplace au gré de ses caprices. Dans cette digue se trouvent entassés des blocs de dix pieds de diamètre et au-delà, les uns arrondis les autres seulement ébréchés, formant ensemble un rempart continu malgré la raideur de la pente, dont l'inclinaison va jusqu'à 25°. Les plus gros sont à mi-côte, mais ils diminuent de volume à mesure qu'ils approchent du fond de la vallée. Il n'y a que les plus petits qui atteignent le fond plat, d'où je conclus que si des blocs pareils, entraînés par un torrent sur un pente aussi forte, n'arrivent pas plus vite au bas de l'escarpement, c'est parce qu'ils trouvent un obstacle considérable dans le lit du torrent lui-même. Des exemples semblables de diguements naturels se voient en une foule d'autres endroits des Alpes, mais nulle part plus distinctement qu'ici.

On désigne sous le nom collectif de Dever, les deux ou trois hameaux d'été que contient le cirque que nous venons de décrire. Ces hameaux

qui ne comptent qu'un petit nombre de chalets, sont inscrits sur la carte de Piémont sous les noms de Pedemon et de Al-Ponte [1]. Ils sont l'un et l'autre au bord du cirque, le milieu étant trop humide et trop tourbeux pour pouvoir être habité. Il y a à Pedemon, une petite auberge où nous fûmes accueillis avec beaucoup de prévenance par l'aubergiste, qui cependant n'a pas l'habitude de recevoir beaucoup d'étrangers. Comme l'heure n'était pas très-avancée, nous allâmes visiter le même soir les dolomies qui percent sur le flanc oriental du cirque, où elles forment les premiers gradins du rempart. C'est une roche très-friable, qui se désagrège facilement sous l'influence des agents atmosphériques. Les couches plongent au nord sous un angle très-faible de 10° environ. Au-dessus des dolomies sont étendues des couches massives de gneiss qui, n'étant pas sujettes à se désagréger, débordent sensiblement les dolomies. Quoique la limite des deux roches ne soit rien moins que confuse, cependant la dolomie est moins pure, ou si l'on veut plus altérée au contact immédiat que dans l'intérieur du massif; elle se fait surtout remarquer par une grande quantité de paillettes de mica.

Nous allâmes ensuite visiter l'extrémité opposée du cirque de Dever, là où la rivière s'écoule dans la vallée. Quel ne fut pas notre étonnement de trouver ici l'une des plus belles cascades qu'il

(1) Quelques cartes ont inscrit cette localité sous le nom de Ca-del-Gat, nom que personne ne connaît dans la contrée.

soit possible de voir. La chute est dans le genre de celle de la Tosa, mais plus belle encore, quoique moins abondante. L'eau se précipite d'abord comme à la Tosa, le long d'une paroi arrondie sur laquelle elle s'étale comme un vaste rideau. Un peu au-dessous, au second gradin, la roche unie cesse et la chute rencontre une roche inégale et esquilleuse qui occasionne tout un réseau de petits jets, les uns plus animés que les autres. Enfin, au troisième gradin, l'eau se précipite avec fracas dans le lit de la rivière. Ce qui relève encore le charme de cette cascade, c'est qu'elle est ombragée par de beaux mélèzes et entourée de tous côtés d'une verte pelouse. Ce n'est point, comme on le voit, une cascade majestueuse; c'est plutôt parmi les cascades gracieuses qu'il faut la classer, et entre celles-ci elle est incontestablement au premier rang. Comment se fait-il que les artistes ne visitent pas des sites semblables? Il y aurait là de charmants tableaux à faire. Au reste ce n'est pas moi qui me plaindrai, s'il se trouve encore quelque part un coin isolé qui échappe à l'envahissante curiosité des amateurs du pittoresque. Les artistes n'ont que trop souvent à leur suite toute une queue de touristes, dont la présence au milieu de sites pareils serait un non-sens. Il est vrai que pour être conséquent je devrais taire ces détails. Heureusement qu'on n'y arrive que difficilement.

Les roches polies ne sont pas très-distinctes aux environs de Dever. Cependant il existe à quelques cents mètres au-dessus de la vallée, une limite assez peu tranchée, il est vrai, où les formes arrondies

cessent. C'est sans doute la limite des anciens glaciers.

De Dever à Pommat.

Le 8 août, le temps qui jusque-là nous avait été propice, prit tout-à-coup un air menaçant. Nous devions ce jour-là aller coucher à Pommat. Le chemin le plus direct était celui de l'Albrun, le long du Lebendue; mais comme nous connaissions cette contrée[1], notre guide nous proposa de nous conduire par un autre chemin, au bord méridional du massif, en laissant le Lebendue à gauche. « La route, ajouta-t-il, n'est pas fameuse, mais nous nous en tirerons quand même », et comme nous avions pleine confiance en lui, nous le suivîmes. Une seule chose était à craindre, les brouillards, et nous pouvions nous trouver dans une fâcheuse position, s'ils nous surprenaient sur les hauteurs, au-delà de la région des chalets; à cet égard, nous nous en rapportâmes à notre bonne chance. Cependant nous n'avions pas fait une demi lieue, qu'une première averse accompagnée de grèle nous força à chercher un abri dans un chalet. La suite nous attendait bientôt après, et nous eûmes à peine le temps de gagner les chalets supérieurs. Là, nous fûmes obligés de faire une halte de deux heures au milieu de la boue et des immondices, regardant la pluie et la grèle

(1) Voy. *Excursions etc.*, p. 347 et suiv. J'ai appris cette année que le nom de la rivière de l'Albrun doit être écrit Lebendue et non pas Lebedour.

tomber. Autant nous en étions contrariés, autant les pâtres en étaient joyeux, car il n'avait pas plu depuis six semaines sur tout le revers des Alpes piémontaises et les pâturages étaient d'une sécheresse extrême. Nous tînmes conseil pour savoir si nous continuerions notre route malgré la pluie et le brouillard, ou si nous nous en retournerions à Dever. Les pâtres n'osaient point nous encourager à poursuivre, et Franz lui-même craignait de se prononcer, car il n'avait fait qu'une fois ce chemin. D'un autre côté, nous éprouvions tous une grande répugnance à rebrousser chemin, et ce fut en quelque sorte instinctivement qu'en sortant du chalet, nous primes, malgré les brouillards, la direction de Formazza. Nous franchîmes d'abord un col assez élevé (d'environ 2500 mètres), d'où nous descendîmes dans une vallée très-évasée, toute couverte de pâturages, qu'on nous dit être les alpes d'Ager. Le sommet même du col est intéressant au point de vue géologique, car ici se trouve le contact des deux roches qui constituent le sol de cette contrée, le gneiss compact et une roche friable et micacée qui est évidemment du calcaire métamorphosé, car il passe en certains endroits à la dolomie.

Ces alpes d'Ager appartiennent à une colonie allemande qui est établie dans ces montagnes depuis un temps immémorial, mais dont aucun historien n'a encore, que je sache, étudié les archives. Ces gens parlent un idiome allemand assez pur, un peu sifflant, comme celui de la vallée de Binnen, mais bien moins difficile à comprendre pour l'étranger que l'allemand bernois ou tout au-

tre dialecte guttural. Les habitations d'été de la commune sont éparses sur toute la montagne, partout où il y a des pâturages; l'église et le village d'Ager (Agaro en italien), qui est assez grand, se voyaient dans le fond de la vallée à notre droite. La vallée elle-même débouche dans le val Devera, au-dessus de Croveo. Nous aurions bien désiré recueillir de plus amples détails sur l'histoire de cette colonie, mais l'heure était avancée et nous n'avions pas une minute à perdre. Je me borne donc à signaler l'existence de cette commune allemande, que je n'ai vu jusqu'ici mentionnée nulle part. Dans ce moment où l'attention des savants est dirigée d'une manière toute particulière vers les limites linguistiques des différentes races, peut-être se trouvera-t-il parmi les voyageurs dans les Alpes quelque historien qui voudra bien en faire l'objet d'une étude suivie.

Nous traversâmes au milieu de la pluie, du brouillard et de la grêle, un second col qui nous conduisit à l'origine du val Premie. En pareille circonstance, on ne peut guère faire des observations suivies. Tout ce que nous pûmes voir, c'est que les dolomies existent aussi en masses considérables dans cette contrée, tantôt alternant avec le gneiss et le schiste, tantôt formant d'immenses gites au milieu des roches cristallines.

Enfin nous aperçûmes de nouveau des maisons, c'était le hameau d'été de Saleccio. Nous frappâmes à la porte du premier chalet, demandant du feu pour nous sécher, ce dont nous avions grand besoin, car depuis plusieurs heures nous avions es-

suyé tour-à-tour toutes les calamités auxquelles l'on est exposé dans les Alpes; la pluie, le vent, la neige, la grèle, la faim et le froid. Les habitants de ce village sont aussi d'origine allemande, et leur village s'appelle en allemand Saley. Le pâtre qui nous reçut parut heureux de notre visite, lorsqu'il nous entendit parler sa langue. Il y a bien long-temps, nous disait-il, qu'il n'est pas venu d'étrangers par ici, et ceux qu'on rencontre quelque-fois sont des welches (italiens). Il n'avait jamais vu des messieurs allemands, et voulut savoir au juste d'où nous venions, qui nous étions, et quel motif nous amenait dans ces lieux retirés. A son allure on ne l'aurait pas pris pour un allemand. Il avait le teint brun, de forts sourcils noirs, l'œil vif et une expression de figure toute méridionale. J'aurais mieux aimé qu'il eût eu les cheveux blonds, les yeux bleus et la barbe rousse. Nous apprîmes de lui que toute la population du village était d'origine allemande, et il paraît qu'elle met un soin particulier à conserver la langue de ses pères. C'est l'allemand qu'on parle dans les familles, quoique l'école se tienne en italien. Les curés aussi, depuis qu'on s'en souvient, ont toujours été des welches, et il paraît qu'ils ne sont nullement disposés à favoriser l'allemand. L'idiome est aussi ici d'une pureté remarquable. Les deux enfants du pâtre, un petit garçon et une jeune fille, nous comprenaient parfaitement et prenaient part à la conversation sans aucune difficulté. Je cherchai en vain à recueillir quelques faits sur l'ancienneté de ces colonies. Les indigènes que nous vîmes, ne purent nous donner

aucun renseignement à cet égard. Ils pensent bien que leurs ancêtres sont venus de l'autre côté de la montagne, il y a long-temps de cela, mais quant à l'époque précise, ils n'en savent rien. Peut-être cependant qu'en s'adressant aux curés et aux plus intelligents de la commune, on pourrait en obtenir quelque renseignement plus précis. Le village de Saleccio est situé un peu au-dessous de la limite de la végétation des arbres, sur le versant occidental de la vallée de Formazza. Les chênes commencent un peu au-dessus du village et sont d'une très-belle venue. Ce fut là aussi que nous revîmes les premières traces distinctes de roches polies. Un peu plus loin on découvre l'origine de la vallée de Formazza, qui se présente sous un aspect très-pittoresque ; et au pied de l'escarpement, caché au milieu des forêts, le village de Foppiano (en allemand Unterstalden), autre petite commune allemande qui n'a non plus ni école ni curé allemands. Comme ce village est situé sur le chemin du Gries, et qu'il est assez fréquenté par les muletiers italiens, la langue allemande s'y est dit-on conservée moins pure, et il est probable qu'elle disparaîtra plus vîte que dans les autres colonies.

Au-dessus de Foppiano, la limite supérieure des polis est très-distincte, et se reconnaît fort bien à une petite terrasse qui indique l'endroit où les roches moutonnées cessent. Cette limite est à 400 mètres au moins au-dessus du fond de la vallée. Il est impossible d'imaginer un chemin plus riant que le sentier qui mène d'ici à Pommat, le long des escarpements qui dominent la Tosa sur sa rive droite.

La pluie avait cessé, le soleil avait succédé à la tempête et le ciel d'Italie se combinait agréablement avec cette riche et vigoureuse végétation des terrasses alpines. Maintenant que nous étions à l'abri du brouillard, nous pûmes de nouveau prendre le marteau en main et observer les roches qui se présentaient sur notre passage. La roche dominante aux environs de Foppiano et jusqu'à la cascade de la Tosa est un gneiss compacte, dont la stratification est assez distincte. Les roches polies y sont très-abondantes et parfois admirablement conservées. Je dois mentionner surtout les grands mamelons de gneiss arrondis en dos d'âne, semblables à ceux des environs du Grimsel, qui se succèdent sans interruption le long du chemin qui conduit au pélerinage. Les cannelures longitudinales y sont partout très-distinctes et parallèles à la vallée; on rencontre aussi en plusieurs endroits des traces de fines stries. Sous tous ces rapports, la vallée de Formazza ne le cède guère à celle de l'Aar. Aussi la conseillai-je à tous ceux qui voudront étudier en détail le phénomène erratique.

De Pommat à Aqua par le col Saint-Jacques.

On donne le nom collectif de Pommat à tous les hameaux situés dans la partie supérieure du val Formazza, en amont de Foppiano. Ces hameaux, d'origine allemande, ne forment ensemble qu'une paroisse, la seule dans laquelle une école allemande ait pu se soutenir. On y trouve encore bon nombre

d'habitants qui ne savent que l'allemand, et pour lesquels tout welche (italien) est un étranger. Tous ces hameaux ont un certain air de propreté et de prospérité qui fait plaisir à voir en Italie. Le plus considérable est Wald, situé au confluent du Lebendue avec la Tosa. C'est là aussi que se trouve l'auberge [1]. Le fond de la vallée entre Foppiano et Wald, est à-peu-près plat, comme celui d'Imgrund derrière Meyringen, et couvert de belles prairies; mais il n'arrive que trop souvent qu'à l'époque des hautes eaux, la Tosa les recouvre de gravier et les rend ainsi stériles pour long-temps. Il est vrai que, depuis quelque temps l'on s'occupe activement à maîtriser le torrent, et nous avons vu de belles et fortes digues récemment construites, qui nous semblent devoir résister aux emportements de la rivière. Au-dessus du hameau de Wald, la pente recommence et l'on monte le long d'un sentier pierreux jusqu'à la cascade. Cette partie de la vallée est sans contredit la plus pittoresque, mais comme le chemin est un peu rude, il arrive qu'on la juge bien différemment, suivant qu'on y passe au commencement ou à la fin de la journée. Dans le premier cas, on se sent frais et dispos, et l'attention s'arrête avec délice sur les détails de ce paysage varié. Cette vallée est alors bien

(1) Ceux qui sont obligés de regarder à leur dépense (et c'est à-peu-près le cas de tous les naturalistes) feront bien de prendre leur précaution et de faire prix d'avance. On nous assure qu'il y a une autre auberge dans le hameau qui est en amont de celui de Wald, et que l'on y est bien mieux sous tous les rapports.

belle. Si au contraire, on y arrive à la fin d'une journée fatigante, soit du Grimsel, soit d'Airolo, on y fait bien moins attention et l'on se préoccupe avant tout du chemin raboteux qui dure depuis la Tosa jusqu'à Wald. Il ne faut rien moins que la Tosa pour ranimer l'enthousiasme du voyageur. C'est ainsi que je la vis pour la première fois, il y a quelques années, en me rendant du Grimsel à Wald. J'ai essayé alors d'en esquisser de mon mieux les principaux traits (1). Maintenant que je la revoyais par une belle matinée et qu'aucune fatigue ne me gênait, je la trouvai encore plus admirable. Au-dessus de la cascade, la vallée change subitement de caractère; d'étroite et profonde qu'elle était, elle devient large et évasée. La végétation en arbres cesse, pour faire place à de vastes et beaux pâturages qui tapissent le flanc des montagnes jusqu'à une grande hauteur. Ce changement est sans doute intimément lié à la structure géologique de la vallée. Le gneiss compact qui règne au-dessous de la cascade disparaît et est remplacé par des schistes micacés plus friables, auxquels succèdent ensuite les schistes noirs de Novène, qui sont les uns et les autres bien moins durs que le gneiss compact. C'est l'uniformité des hauts-cols qui recommence. Nous quittâmes ici le chemin du Gries pour nous diriger vers le col saint Jacques, qui est entre la vallée de Formazza et celle de Bedretto. Sous le rapport pittoresque, ce passage n'offre rien de bien intéressant. C'est un sol onduleux, couvert

(1) *Excursions etc.*, p. 346.

de grands pâturages, où l'on chercherait en vain ces sites attrayants qui sont si nombreux au-dessous de la cascade. Il est moins monotone sous le rapport géologique : on y trouve une association de roches du plus grand intérêt, telles que des rauchwacke, des dolomies et même du gypse enfermé au milieu des schistes micacés. C'est à M. Lardy qu'appartient le mérite de nous avoir fourni les premiers renseignements précis sur cette contrée, dans sa carte du saint Gothard. Près du sommet du col, se trouvent deux petits lacs, qui ne sont à vrai dire que des flaques d'eau très-peu profondes, mais néanmoins très-limpides. Le revers opposé du col, du côté du Tessin, a le même cachet d'uniformité. C'est le pays des pâturages par excellence. Aussi, à défaut de phénomènes topographiques et géologiques, je m'amusai à admirer la beauté de la race bovine qui paissait en troupeaux nombreux sur ces pentes gazonnées. Nous nous dirigeâmes tout droit sur Aqua, chalet isolé à l'origine du val Bedretto, que l'on décore aussi du titre d'hospice de Ronco, quoi qu'il soit bien inférieur sous tous les rapports à l'hospice du Grimsel. Cependant je dois convenir qu'on n'y est pas trop mal.

C'était à Aqua que nous devions nous séparer. J'en éprouvai un vif regret. Mes compagnons de voyage m'avaient donné tant de preuves de leur amitié et de leur confiance ; leurs lumières et leur expérience m'avaient été d'un si grand secours au milieu de ce monde tout nouveau que nous venions d'explorer ensemble, que je ne pouvais que déplorer amèrement de devoir les quitter si tôt. Si dans

ce court récit, je n'ai fait qu'esquisser le caractère général des localités que nous avons parcourues, en me restreignant plus particulièrement aux phénomènes erratiques, qui étaient le but principal que je poursuivais, c'est par ce que j'espère que mes deux amis nous feront connaître eux-mêmes le caractère particulier de ces massifs, au point de vue géognostique, et la manière dont ils se lient à l'ensemble du système alpin. Tout en faisant des vœux pour voir bientôt les résultats généraux de leurs persévérants travaux résumés dans une carte géologique de la Suisse, qu'ils veuillent bien me permettre de leur témoigner ici toute ma reconnaissance pour la part d'instruction que j'ai puisée personnellement dans leur commerce.

D'Aqua au Grimsel par le col de Novène.

Pendant que MM. Studer et Escher se dirigaient sur Airolo, pour continuer leurs explorations dans les Alpes du Tessin, je pris, seul avec mon guide, la route du Grimsel, où j'étais attendu le soir. J'eus un instant la tentation d'escalader le versant gauche de la vallée de Bedretto, pour descendre en Valais par la vallée de Gehren, qui vient déboucher au village d'Unterwasser; mais mon guide m'en dissuada, à cause des brouillards qui s'amoncelaient de tous côtés sur les cimes environnantes. Je me dirigeai donc vers le col de Novène ou de Nufenen qui sépare la vallée de Bedretto de celle d'Eginen. C'est un passage âpre et monotone, et, comme le col est au nord de l'arête, il en résulte que la neige

y persiste très-longtemps. Je n'étais cependant pas fâché de visiter cette localité, où M. Escher avait recueilli quelques années auparavant des bélemnites, dans ce même schiste noir dont il a été plusieurs fois question dans le récit de cette course, sous le nom de schistes de Novène ou de Nufenen (1). Cette roche commence à une lieue environ d'Aqua. Je me mis aussitôt à examiner tous les rochers qui perçaient le gazon à droite et à gauche du chemin. La plupart étaient rugueux et hérissés de ces mêmes petits débris que j'avais déjà reconnus antérieurement sur des blocs isolés, à l'origine de la vallée d'Eginen, et que je pris alors pour des tiges de plantes marines (des fucus) (2). Bientôt je découvris

(1) La présence de ces fossiles dans le schiste de Novène a été signalée pour la première fois par M. Lardy, dans son mémoire sur le Saint-Gothard. Il en attribue la découverte à M. de Charpentier.

(2) *Excursions etc.*, p. 343. Je n'ai aujourd'hui aucune opinion arrêtée sur ces corps; mais je ne saurais partager l'opinion de M. Bronn qui prétend, dans une note ajoutée à la lettre de M. Escher (*Jahrbuch* 1842 p. 281), que ce sont des tiges de Pentacrines. Ce qui rend à mes yeux cette opinion inadmissible, c'est que la plupart sont en forme de massue, ce qui est tout-à-fait contraire au caractère des Pentacrines. Ils ont à-peu-près un pouce de long et ressemblent assez aux piquants de certains Cidarides, par exemple des Echinomètres; leur surface est en général plissée, et l'une des extrémités (celle qui d'ordinaire est renflée) est plus ou moins arrondie. Enfin, une particularité qui mérite d'être signalée, c'est que tandis que les bélemnites et les autres fossiles sont de spath calcaire blanc, les corps dont il s'agit ici sont de

aussi çà et là des corps blancs de spath calcaire dont l'intérieur était rempli par la roche ambiante. J'en détachai plusieurs, et quoiqu'ils fussent très-altérés, je n'eus pourtant pas de peine à reconnaître dans quelques-uns la forme conique si caractéristique des bélemnites. J'en trouvai un autre de forme plus cylindrique qui me parut être une tige de Crinoïde. Cependant le mauvais état de conservation de ces fossiles rend impossible toute détermination rigoureuse. C'est une conséquence de la nature de la roche qui, étant métamorphique, n'a pas permis aux fossiles de s'y conserver intacts. A cette occasion, il ne sera peut-être pas inutile de dire un mot du métamorphisme des roches en général.

La question du métamorphisme est une de celles qui, de nos jours, préoccupent le plus les géologues ; mais comme ce nom est employé dans différents sens, il importe qu'on s'entende sur la signification qu'il convient de lui donner. Dans l'origine, on appelait métamorphisme, les altérations qui sont produites sur une roche sédimentaire par son contact avec une roche ignée; ainsi par exemple, lorsque de la lave coule sur des terrains neptuniens, ceux-ci changent de texture, de densité et de couleur; ils deviennent friables ou caverneux si ce

la même pâte que la roche ambiante, comme si c'étaient des remplissages de cavités. Ne seraient-ce pas peut-être des moules de trous de pholades, comme on en trouve si fréquemment dans plusieurs étages du Jura, entre autres au Chatelu, où ces moules ont, d'après M. Agassiz, le même aspect strié.

sont des calcaires, ou bien se vitrifient, si ce sont des grès; on dit alors que ce sont des roches métamorphiques. De pareilles altérations ont dû se produire dans les époques géologiques antérieures aussi bien que de nos jours, et on en a en effet signalé de nombreux exemples dans toutes les contrées où se trouvent des volcans éteints, en Auvergne, en Souabe, sur les bords du Rhin, en Asie mineure etc (1). Partant de là, on s'est naturellement habitué à envisager toutes les roches qui présentaient de semblables altérations comme le résultat du contact avec une roche volcanique. Jusque là le métamorphisme suppose donc nécessairement le contact ou du moins l'action directe d'une roche plutonique sortant du sein de la terre et douée d'une température assez élevée, pour transformer plus ou moins des roches sédimentaires. Le résultat et la cause sont ici en présence, c'est le métamorphisme classique, s'il est permis de mêler la littérature à la science.

Cependant, quelque élevée que soit la température d'une roche éruptive, elle ne peut altérer les roches adjacentes à une bien grande distance, et l'expérience nous apprend en effet que partout où les deux roches, la roche métamorphosante et la roche métamorphosée, sont l'une à côté de l'autre, les altérations ne s'étendent qu'à une faible distance du contact. Or il y a dans les Alpes et dans d'autres

(1) Tout récemment M. Maurice Waguer, dans ses lettres sur l'Arménie, a appelé l'attention sur les métamorphoses du calcaire jurassique sur le revers méridional de l'Ararat.

chaînes de montagnes, des exemples nombreux de roches altérées, sans que l'on puisse indiquer la cause qui a produit ces altérations. Ainsi une couche de calcaire, tout en conservant sa direction sur une coupe ou un escarpement, perdra peu à peu sa nature calcaire, et deviendra talqueuse ou siliceuse; ailleurs des dolomies passeront insensiblement au flysch, au gneiss, au schiste micacé, ou bien alterneront avec ces roches en stratification concordante, en formant tantôt d'énormes massifs, tantôt de minces couches. Quant aux dolomies, qu'une célèbre théorie attribue à l'action de gaz dégagés, lors de l'éruption des porphyres noirs ou mélaphyres, qui se montrent à jour sur plusieurs points du versant méridional des Alpes, sans vouloir rien préjuger sur l'issue de la lutte qui est engagée sur leur origine, nous croyons que dans l'état actuel de nos connaissances, et lorsqu'il n'existe dans le voisinage aucune roche véritable éruptive, comme c'est le plus souvent le cas dans les Alpes, nous croyons dis-je, qu'il faut admettre de deux choses l'une: ou que les gneiss et les schistes micacés qui enclavent les dolomies sont l'agent qui a transformé les calcaires, et qu'ils sont par conséquent de nature éruptive; ou bien que ces gneiss et ces schistes sont eux-mêmes des roches altérées, congénères par conséquent des dolomies et se rattachant, comme elles, à une cause plus générale. Cette dernière opinion constitue le métamorphisme dans le sens le plus étendu du mot; c'est le métamorphisme en grand, tel que l'entendent la plupart des géologues suisses.

A certains égards, il en est de ce métamorphisme comme des glaciers diluviens. C'est un grand phénomène, dont la cause nous est encore inconnue, mais dont les effets se retrouvent à chaque pas, lorsqu'on parcourt les Alpes avec un esprit dégagé de toute prévention. Peut-être ferait-on mieux de lui donner un autre nom, car en le confondant sous l'appellation de métamorphisme, on a l'air de lui donner une précision que l'état de nos connaissances ne comporte pas, et qui par là même donne prise à la critique.

Les schistes de Novène ont été cités comme un autre argument en faveur de ce métamorphisme en grand dont il est ici question. Voici ce qu'écrivait à ce sujet, il y a trois ans environ, M. Escher de la Linth(1). « Il existe dans les schistes noirs du col de Novène une quantité de belemnites ; ces fossiles ne sont pas limités à la surface d'une seule couche, mais on les trouve à des distances verticales de trois et quatre pieds, et il est probable qu'on en découvrira aussi dans d'autres couches à plusieurs centaines de pieds l'une de l'autre. Cela étant, on ne saurait admettre que ces animaux ont été anéantis et enterrés tous à la fois dans la substance des schistes. Nous devons au contraire supposer qu'ils ont vécu à des époques successives, et que les couches qui les récèlent indiquent ces différentes périodes. D'un autre côté, les schistes dont il est ici question, sont une roche cristalline bien différente des dépôts de sédiment que l'on en-

(1) Neues Jahrbuch von Leonh. et Bronn. 1842. p. 279.

visage comme non-altérés. On trouve dans toute leur masse (et non pas seulement dans des filons) de nombreux cristaux de mica et de très-beaux grenats qui ont jusqu'à un demi pouce de diamètre. Or, à moins de supposer que les grenats se sont formés dans le même liquide dans lequel vivaient les belemnites (ce que la chimie concédera encore moins qu'une transformation de grès en granits), il faut bien admettre qu'*après* leur déposition, les schistes ont subi des influences particulières, qui ont déterminé la formation des grenats et des cristaux de mica. »

M. Escher fait observer plus loin que l'épaisseur de ces schistes, qui s'élèvent à une hauteur de plus de 1000' au-dessus du col, les met à l'abri de toute influence de contact; d'ailleurs il n'y a, dans toute cette région, aucune roche éruptive à laquelle on pourrait attribuer une pareille transformation. Les plus voisines sont les granits de la vallée de Médels et les porphyres et les granits du lac Majeur. Or, vouloir étendre une action métamorphique à de pareilles distances, n'est point admissible. M. Studer va plus loin encore. Il envisage comme une particularité du métamorphisme alpin, le fait qu'il n'existe nulle part dans les Alpes, des roches suffisamment caractérisées, comme roches ignées, pour qu'on puisse les envisager comme l'agent ou le foyer des métamorphoses (1). On a beau, dit-il, traverser

(1) Jahrbuch de Leonhard et Bronn, 1844, p. 185. — M. Necker de Saussure, dans son Mémoire sur la vallée de Valorsine, cherche à démontrer que les granits de cette vallée sont d'origine éruptive. Il en voit la preuve dans

les Alpes, du grand Saint-Bernard à Aoste, ou de Zermatt, par le col Saint-Jacques, à Châtillon, ou de Brig, par le Simplon, à Domo-d'Ossola, on ne rencontre nulle part, sur aucune de ces routes, la moindre trace d'une roche véritablement éruptive.

D'après cette théorie, les gneiss, les schistes micacés, les schistes chlorités et même les granits des Alpes, seraient également des roches métamorphosées, des modifications d'un seul et même grand phénomène. Il ne serait donc pas impossible que l'on trouvât quelque jour des débris de fossiles dans une foule d'autres terrains des Alpes, qu'on a envisagés jusqu'à présent comme plutoniques. En attendant, les belemnites du col de Novène et celles que M. Escher a trouvées dans le flysch du sommet de la Fourca sont un fait capital, qui ne laisse pas que de faire pencher fortement la balance en faveur du métamorphisme.

Les schistes de Novène ne s'étendent guère au-delà du col. La roche dominante de la vallée d'E-

l'absence de stratification et dans la forme arrondie des masses. Partant de-là, il suppose qu'il existe aussi dans la vallée de Chamouni, sous le Mont-Blanc, une masse centrale de granit éruptif. Nous devons avouer que les preuves alléguées par M. Necker ne nous ont pas paru bien concluantes, et quant aux Aiguilles de Charmoz dont la structure lui paraît analogue à celle des Aiguilles Rouges dans la vallée de Valorsine, nous ne croyons pas nous tromper en affirmant, d'après le profil que l'auteur donne de cette localité, que les formes arrondies du pied de la montagne, qu'il envisage comme d'origine éruptive, ne sont autre chose que des roches polies et usées par l'action des anciens glaciers, et que l'endroit où commence les cimes dentelées indique la limite de ces anciens glaciers.

ginen est du gneiss compact et du schiste micacé plus ou moins talqueux. Je retrouvai ici la même disposition en éventail que nous avions constatée dans la vallée de Blinnen. Le sommet de l'éventail est à-peu-près au pied septentrional des pics de Novène; de là les couches conservent leur position verticale jusque près de l'issue de la vallée, où elles commencent insensiblement à s'incliner au sud. Cette disposition est plus distincte au fond de la vallée du Rhône, sur les flancs du Hungerberg, où les couches plongent au sud, sous un angle d'environ 60°.

Les roches polies ne sont pas bien fréquentes dans toute cette région, et c'est sans doute dans la nature friable de la roche qu'il faut en chercher la cause. Cependant on en retrouve des traces dans toutes les vallées, et j'en ai même vu de fort distinctes, avec des stries et des sillons bien caractérisés, sur des schistes talqueux très-peu consistants. Il est vrai que c'est en un endroit où la vallée d'Eginen se resserre tout d'un coup, et où l'action de l'agent qui les a produites, a par conséquent dû être plus intense.

N'ayant pu traverser la vallée de Gehren, je voulus au moins connaître les roches que charrie le torrent qui en débouche. J'y recueillis, outre les schistes de Novène et les gneiss à gros cristaux (granits veinés de Saussure), de nombreux blocs d'un fort beau granit, assez semblable à celui du Grimsel, mais qui en diffère par une plus grande quantité de chlorite. Ce granit, comme celui de Heiligenkreutz, n'a pas encore été signalé à l'état erratique. Peut-être le trouvera-t-on quelque jour aux confins du bassin erratique du Rhône.

SÉJOUR AU GLACIER.

M. Dollfuss, à qui j'avais donné rendez-vous au Grimsel, n'avait pas attendu mon retour pour gagner le glacier de l'Aar. Lui aussi était impatient de revoir les lieux que nous avions habités ensemble, et aussitôt arrivé, il s'était dirigé vers notre habitation, où il m'attendait depuis plusieurs jours. Je ne tardai pas à le rejoindre. Je le trouvai occupé, avec une demi douzaine de guides, à préparer toutes sortes d'expériences dont il sera rendu compte dans ce récit. Il était venu avec toute une cargaison d'instruments et d'outils qui devaient servir à nos opérations, tels que thermomètres, éprouvettes, microscope, lunette acromatique, balance à bascule, scies, haches, cordes, etc. M. Zybach avait fait réparer et agrandir, dans l'intervalle, le Pavillon, qui offrait maintenant un abri plus sûr et plus spacieux que l'année dernière. Les planches du toit avaient été reclouées et la charpente renforcée. La cuisine avait été refaite à neuf et mieux appropriée aux besoins de la colonie. Une étable avait été construite pour les chèvres ; enfin la *Smala*, l'ancienne habitation de M. Dolfuss, avait aussi été relevée de ses ruines et allait servir de gîte aux guides. Je m'installai avec M. Dolfuss au Pavillon, et après avoir discuté notre programme, nous commençâmes dès le lendemain nos observations.

Observations sur l'avancement des glaciers.

a) Avancement de la moraine médiane.

Dans une précédente campagne (1842), il avait déjà été fait, sur l'avancement journalier du glacier, près de l'ancien Hôtel des Neuchâtelois, une série d'observations qui nous avaient donné des résultats fort intéressants; mais comme le pieu qui servait de signal, n'avait pu être fixé au milieu du glacier, les chiffres n'indiquaient que le mouvement d'une portion voisine du bord. C'était d'ailleurs moins la somme du mouvement que les rapports de vitesse entre le mouvement de jour et de nuit que l'on avait eu en vue. Cette fois c'était le mouvement journalier de la partie la plus accélérée du glacier, de la moraine médiane, que je tenais surtout à observer. Je choisis à cette fin un emplacement tout près du Pavillon, sur lequel je fixai solidement et de manière à la rendre immobile, une bonne lunette, munie d'un fil en croix. Je peignis avec de la couleur à l'huile, une grande croix blanche sur la rive opposée, pour servir de point de repère, si la lunette venait à se déranger. J'alignai ensuite avec ces deux points fixes une grande perche solidement fixée contre un bloc du sommet de la moraine médiane. A cette perche était attachée une tige horizontale, divisée en fractions décimales et centésimales. Tous les matins et tous les soirs, et souvent aussi pendant la journée, lorsque nos occupations et l'état du ciel le permettaient, l'un de nous se rendait à la perche, muni d'un

bâton surmonté d'une croix noire et blanche pour le rendre plus voyant, et guidé par l'observateur placé à la lunette, il faisait glisser son bâton sur la tige horizontale de la perche, jusqu'à ce qu'il fût exactement dans le plan du fil vertical. Il lisait alors le chiffre auquel son bâton correspondait, et ce chiffre comparé à celui de l'observation précédente, donnait la somme de l'avancement. Le tableau suivant indique la marche du mouvement en deux périodes, avec l'indication de l'état du ciel à chaque observation.

PREMIÈRE PÉRIODE.

Date.		*Avance.*	*Temp. extrême.*		*État du ciel.*
Août. Jours.	Heures.		Maxim	Minima.	
12	3 s.	0^m	+ 12	— 0,2	variable.
13	3 s.	0,19	+ 7	+ 0,2	neige et pluie la nuit.
14	7 m.	0,42		0,	neige la nuit.
	11 m.	0,48	+ 4		couvert.
	5 s.	0,53			variable.
15	. . .	. . . .	+ 4	— 0,5	neige tout le jour.
16	. . .	. . . .	+ 2	— 1	neige et tourmente.
17	. . .	. . . .	+ 8		beau le matin, brouillard le soir.
18	9 m.	1,10	+ 12		variable; glacier couvert de neige.
19	8 m.	1,16	+ 10		brouillard la nuit.
	6 s.	1,25			serein.
20	10 m.	1,29		— 4,2	tourmente la nuit.
	3 s.	1,35	+ 6		variable.
	6 s.	1,40			serein.
21	7 m.	1,49		+ 0,2	serein, le glacier commence à se dégager.

En 8 jours, $1^m,49 = 0^m,186$ par jour.

SECONDE PÉRIODE.

Date.		*Avance.*	*Temp. extrême.*		*État du ciel.*
Août. Jours.	Heures.		Maxim.	Minima.	
21	midi	0m	+ 15		serein.
	7 s.	0,15			serein.
22	6 m.	0,25	+ 8	+ 2,5	pluie la nuit, mat. beau.
23	. . .	. . . .	+ 6	+ 2,	brouillard et pluie.
24	8 m.	0,41		+ 4,5	tourmente la nuit.
	midi	0,45	+ 6		pluie.
	7 s.	0,47			pluie.
25	. . .	. . . .	+ 6	+ 1,5	pluie tout le jour.
26	6 m.	1,01		— 3,2	pluie.
	midi	1,10	+ 10		couvert.
	7 s.	1,20			serein.
27	7 m.	1,45	+ 15		serein.
28	. . .	. . . .		— 1,2	serein.
29	. . .	. . . .			serein.
30	11 m.	2,40	+ 16		serein.
	6 s.	2,52			serein.
31	6 m.	2,75		— 0,1	serein, fœhn violent.
	6 s.	2,85	+ 12		serein.
Septem.					
1	10 m.	3,05	+ 11		serein, fœhn très-viol.
	6 s.	3,09			serein.
2	6 m.	3,21	+ 14	+ 2,6	serein.
3	6 m.	3,39			serein.
	1 s.	3,45	+ 12		serein.
4	7 m.	3,51		+ 1,	couvert.
	1 s.	3,53	+ 6		couvert.
	6 s.	3,55			couvert.
5	7 m.	3,60		+ 0,8	tourmente la nuit.
En 15 jours, 3m 60 = 0m 240 par jour.					

Les degrés sont centigrades. Les thermométrographes se trouvaient placés près du Pavillon. La température y est d'ordinaire de 1° plus élevée qu'à la surface du glacier.

Une première chose qui frappe dans ce tableau, c'est le rapport direct qui existe entre le mouvement et les conditions météorologiques. Pendant la première période, qui fut, à peu d'exception près, froide et neigeuse, l'avancement a été sensiblement moins rapide que dans la seconde période ; il n'a été que de 1^{m},49 en huit jours ou de 0^{m},186 par jour ; dans la seconde période, au contraire, il a été de 3^{m},60 en quinze jours ou de 0^{m},240 par jour, par conséquent d'un quart plus accéléré. Le minimum de vitesse a eu lieu du 15 au 21 août, pendant que le glacier était entièrement couvert de neige. On remarque aussi qu'en somme l'avancement a été plus fort pendant la nuit que pendant le jour. Enfin, ce qu'il importe surtout de constater, c'est que le mouvement de 24 centimètres par jour, qui est celui de la seconde période, est de beaucoup supérieur au mouvement annuel réparti sur tous les jours de l'année. En effet, d'après les mesures trigonométriques des deux dernières années, le mouvement de la moraine médiane dans cette région du glacier, est de 54 mètres par an, ce qui fait 0^{m},148, chiffre qui est même inférieur à celui du mouvement de la première période qui cependant n'était rien moins que favorable au mouvement.

b) Avancement du bord.

Nous commençâmes simultanément une série d'observations sur le mouvement de la portion riveraine du glacier, au moyen d'un appareil que j'ai représenté pl. III, fig. 3, et dont je vais indiquer

la construction. Ceux qui ont fait des expériences sur la glace, savent qu'il est très-difficile d'y fixer des pieux isolés, de manière à les rendre solides. Au lieu d'un seul pieu, nous en plantâmes trois sur la même ligne, à une distance de quatre mètres du rivage et espacés de deux mètres. Après les avoir entourés de gazon à leur base, pour empêcher l'ablation, nous les réunîmes au moyen d'une poutre traversière, qui fut clouée à chacun des pieux. Contre le rocher, en face, était appliquée une mesure métrique, avec divisions en centimètres et en millimètres, qui correspondait à l'indicateur. De cette manière, c'était en quelque sorte l'appareil qui observait, et l'observateur n'avait autre chose à faire qu'à noter en passant le chiffre de la bande métrique, auquel l'indicateur correspondait au moment de l'observation. En comparant ensuite ce chiffre avec celui de l'observation précédente, il savait à un millimètre près, de combien l'appareil avait cheminé dans l'intervalle. L'on était ainsi à même d'observer à toute heure du jour et même de la nuit, sans avoir à craindre d'être entravé par la pluie ou le brouillard. Pendant tout le temps de notre séjour, cet appareil ne s'est pas dérangé une seule fois ; il est resté constamment fixe, circonstance qui s'explique assez naturellement par sa construction. Il paraît qu'en effet le mouvement n'est jamais absolument égal, même à de très-petites distances ; or, il suffisait de la moindre inégalité dans la marche des trois pieux, pour produire une tension qui maintenait l'appareil dans une position fixe.

Il serait trop long de reproduire ici le détail de toutes les observations, qui souvent ont été répétées trois, quatre et cinq fois par jour. Nous avons trouvé la progression de cette partie du glacier, comme nous devions nous y attendre, incomparablement plus faible que celle du milieu de la moraine, avec des variations plus ou moins sensibles, suivant les conditions météoriques. Ainsi, pendant les derniers huit jours de notre séjour, du 27 août au 4 septembre, qui furent les plus beaux et les plus chauds de la campagne, l'avancement total a été de $0^{m},121$, ou de 15 millimètres par jour, chiffre qui est à celui de l'avancement de la moraine médiane pendant ce laps de temps, comme 1 à 17. Pendant les huit premiers jours, qui furent froids et neigeux, l'avancement total n'a été que de $0^{m},071$ ou 9 millimètres par jour. Enfin, du 4 septembre au 4 novembre, c'est-à-dire, pendant un laps de temps de soixante-un jours, l'avancement total a été de $0^{m},50$, ce qui fait à-peu-près 8 millimètres par jour. Nous retrouvons par conséquent aussi ici l'influence de la température, et partant celle des saisons sur la marche des glaciers. Si l'avancement moyen des huit premiers jours, s'est trouvé peu supérieur à l'avancement moyen de l'automne (pendant les mois de septembre et d'octobre), il n'y a là rien que de très-naturel, puisque nous avons vu que les conditions météoriques de cette première période ont été aussi défavorables que possible.

c) Mouvement transversal.

Le même appareil destiné à mesurer l'avancement journalier de la partie du glacier voisin du bord, devait nous fournir des données non moins précises sur un autre mouvement du glacier, dans un sens tout différent, c'est-à-dire du milieu vers les bords. Ce mouvement, quoique moins considérable que la progression dans le sens longitudinal, est cependant assez sensible pour frapper les sens, du moment que l'on opère avec quelque exactitude, et nous fûmes même plusieurs fois obligés de raccourcir l'indicateur de notre appareil, afin qu'il ne touchât pas le rocher. Du 12 au 20 août, ce mouvement que j'appellerai *transversal* a été de $0^{m}026$, c'est-à-dire d'un peu plus de 3 millimètres par jour. Comme la paroi du rivage auquel correspondait l'indicateur était tout-à-fait unie, et que l'extrémité de ce dernier était assez rapprochée du rocher, pour que l'espace pût être mesuré rigoureusement, l'observation était par la même très-facile et à l'abri de toute erreur.

Au premier abord, il est difficile de se rendre compte de ce mouvement extraordinaire; mais il ne faut pas oublier que le lit du glacier de l'Aar, comme celui de tant d'autres glaciers se rétrécit d'amont en aval. La glace est obligée ainsi de se reserrer dans un espace toujours plus étroit, et comme le maximum de vitesse est invariablement au milieu, sur quelque point que l'on traverse le glacier, il s'en suit que la pression qui en résulte doit surtout s'exercer sur les bords, et, en conséquence, la glace

doit y être plus compacte qu'ailleurs. C'est en effet ce que confirment les expériences de M. Dollfuss, sur la densité de la glace dans les différentes régions du glacier, dont nous traiterons plus bas. Il est probable aussi que ce mouvement vers les bords est plus ou moins modifié suivant la direction de la pente générale dans les différentes localités. Or comme ici, au pied du Pavillon, la masse entière du glacier se porte du côté du champ d'observation, il ne serait point étonnant que le mouvement transversal dont nous venons de parler y fût plus sensible qu'ailleurs.

d) Avancement du talus terminal.

Nous avons dit plus haut que la plupart des glaciers de l'Oberland, et en particulier le glacier inférieur de l'Aar, étaient en voie de progression, et que depuis l'année précédente, ils avaient notablement poussé leurs moraines en avant. Je fus curieux de connaître les proportions exactes de cette progression et j'imaginai à cette fin l'appareil suivant (pl. III fig. 2), qui pour être très-simple, ne m'en a pas moins donné des résultats positifs, que j'ai lieu de croire à l'abri de toute erreur grossière. Un bâton de deux mètres de longueur, reposant sur deux piédestaux, sur lesquels il glissait librement, fut appliqué par son extrémité antérieure contre une grosse pierre de la moraine, tandis que l'extrémité postérieure coincidait avec le bord d'une borne aux faces lisses, qui avait été fixée dans le sol. De cette manière, le moindre déplacement que subissait la moraine se

transmettait au bâton, dont l'extrémité graduée, débordait la borne d'autant que la moraine avait avancé. Il suffisait par conséquent de compter à chaque observation le nombre de millimètres en avant du bord de la dalle, pour savoir au juste de combien la moraine s'était avancée dans un temps donné. Le bâton pouvait même être déplacé, sans préjudice pour l'observation. On n'avait qu'à le remettre exactement dans sa position primitive et comparer ensuite les deux observations. Le mouvement de translation de la moraine s'est trouvé être excessivement lent[1]. Du 18 août au 5 septembre l'avancement total a été de $0^m,155$, ce qui fait environ 9 millimètres par jour. Depuis cette époque, il s'est encore ralenti, car il n'a été que de $0^m,295$ en soixante et un jours (du 4 septembre au 4 novembre), par conséquent seulement de 5 millimètres par jour. Dans la première période, où les observations ont été faites à-peu-près journellement, le mouvement a été très-uniforme et les variations n'ont été que de 2 au plus 3 millimètres par jour; d'où il résulte qu'à son extrémité, pas plus que dans les

(1) Je crois utile de rappeler ici ce que nous avons dit ailleurs du mouvement du talus terminal, qui est l'expression de la compensation qui s'établit entre la progression et la fonte du talus frontal. La masse du glacier avance toujours, elle ne recule jamais, mais s'il arrive que la progression soit faible et la fonte au contraire forte, et que celle-ci ne puisse être compensée par les masses qui avancent, on dit que le glacier recule. Cette année tout le contraire avait lieu, la fonte n'était pas en rapport avec la progression, et c'est pourquoi le glacier était en croissance.

régions supérieures, le glacier n'avance d'une manière brusque, par saccades, comme on le supposait autrefois, mais que sa marche est graduelle et continue.

c) Avancement des glaciers latéraux,

Les expériences les plus importantes au point de vue de la théorie des glaciers en général, ce sont celles qui furent faites pendant cette campagne sur l'avancement des glaciers latéraux ou glaciers de second ordre de Saussure. Ces glaciers sont d'ordinaire très-inclinés; leur inclinaison varie en général de 15 à 40° ; mais il y en a aussi qui ont sur certains points de leur cours jusqu'à 50° et au-delà. Or, qui ne prévoit que des données exactes sur le mouvement de pareils glaciers devaient être d'un grand poids, lorsqu'il s'agirait de les adapter aux différentes théories. Aussi avant de rien savoir de précis sur la manière d'être de ces glaciers, avait-on émis les opinions les plus contraires sur leur compte. Les uns pensaient qu'ils devaient marcher beaucoup plus vite que les glaciers principaux, précisément à cause de leur forte inclinaison ; d'autres, craignant sans doute de leur assigner la vitesse que semblait exiger leurs fortes pentes, supposèrent qu'ils étaient stationnaires et probablement adhérents au sol ; d'autres enfin allèrent jusqu'à mettre en doute l'existence de glaciers aussi inclinés. J'avoue que ce ne fut pas sans une secrète inquiétude que je commençai les expériences qui devaient décider entre ces opinions si différentes. Je préparai

simultanément des stations d'observations sur plusieurs des glaciers latéraux qui affluent dans le grand glacier de l'Aar. Comme la largeur de ces glaciers n'est pas telle qu'on ne puisse reconnaître distinctement un bâton d'une rive à l'autre, il suffisait de planter des pieux dans le glacier et de les aligner avec quelques points fixes du rivage. Je commençai par le glacier de Grünberg, situé en face du Pavillon (voyez la carte). Un premier pieu fut planté au milieu du glacier à une distance de 120 mètres du confluent, et mis en rapport avec des points fixes des rives, que je marquai, pour plus de sûreté, d'une grande croix peinte en couleur à l'huile. L'inclinaison de la surface est en cet endroit de 32°; un second pieu fut aligné de la même manière, 150 mètres au-dessus du premier, en un endroit où la pente est de 30°. Malgré cette forte pente, qui ne permet pas de traverser le glacier sans tailler des marches, le glacier n'est nullement bouleversé, et l'on a même de la peine à y découvrir quelques petites crevasses très-insignifiantes.

J'organisai, deux jours plus tard, des stations d'observation semblables au glacier de Silberberg, qui est à côté et en amont du précédent; seulement comme sa surface présente des inclinaisons très-diverses sur une même section transversale, je composai mes stations de plusieurs pieux, afin d'apprécier si possible, l'influence de cette inclinaison sur l'avancement. La seconde section de trois pieux, fut établie à 80 mètres au-dessus de la première. L'inclinaison de la surface aux différents pieux était:

à la station inférieure,	au pieu de gauche, 24°
» » »	au pieu de droite, 32°
à la ligne supérieure,	au pieu de gauche, 30°
» » »	au pieu du milieu, 33°
» » »	au pieu de droite, 42°

Je remarquai déjà après quelques jours, que plusieurs de mes pieux s'étaient déplacés d'une manière sensible ; et quand après huit jours, je les vérifiai tous exactement, je trouvai les déplacements suivants :

1° au glacier de Grünberg :
la station inférieure s'était avancée de 0m,10
la station supérieure de 0,62

2° Au glacier de Silberberg, le déplacement avait été pendant six jours :

à la station inférieure		
	au pieu de gauche	de 0m,46
	au pieu de droite	de 0,45
à la station supérieure		
	au pieu de gauche	de 0,35
	au pieu du milieu	de 0,80
	au pieu de droite	de 0,46

Il m'était donc démontré par là que les glaciers latéraux ne sont pas stationnaires, mais qu'ils se meuvent d'amont en aval, comme le grand glacier, quoique d'une manière bien plus lente, et en second lieu, que la partie inférieure marche plus lentement que la partie supérieure. Ces rapports furent pleinement confirmés par la seconde vérification que je fis quinze jours plus tard, et où je trouvai l'avancement total suivant :

Au glacier de Grünberg :

à la station inférieure	à 0m,49
à la station supérieure	à 1,73

Au glacier de Silberberg :

à la station inférieure,	au pieu de gauche	0,85
» » »	au pieu de droite	0,82
à la station supérieure,	au pieu de gauche	0,46
» » »	au pieu du milieu	0,93
» » »	au pieu de droite	0,81

Si nous comparons ces chiffres avec ceux de l'avancement du grand glacier, nous verrons que le mouvement des glaciers latéraux est beaucoup plus lent, dans le rapport de 1 à 3, puisque le pieu de la station supérieure du glacier de Grünberg, celui de tous qui a marché le plus vite, n'a franchi en vingt-quatre jours qu'un espace de $1^m,73$, tandis que la moraine du grand glacier s'est déplacée dans le même laps de temps de $5^m,09$.

Ce qui n'est pas moins curieux, c'est de voir que le mouvement des glaciers de Grünberg et de Silberberg se ralentit d'amont en aval. Toutefois ce ralentissement n'est pas l'effet d'une loi générale, ainsi qu'il résulte des mesures suivantes, qui furent prises à-peu-près à la même époque, sur deux glaciers de la rive gauche, qui n'atteignent pas le grand glacier. Prévoyant que la rencontre du grand glacier pourrait bien exercer quelque influence sur ceux des glaciers latéraux qui arrivent jusqu'à lui, — comme une grande rivière retarde plus ou moins le cours de ses affluents —, j'avais établi des stations d'observation sur les deux glaciers de Trift, dont l'un, le glacier de Trift antérieur *(Vorder Trift-Gletscher)*, débouchant un peu au-dessous du Pavillon, se termine à une hauteur d'environ 2300 mètres (400 mètres au-dessus de la

surface du grand glacier), et l'autre, le glacier de Trift postérieur *(Hinter Trift-Gletscher)*, à 3000 mètres de hauteur (500 mètres au-dessus du glacier). Trois pieux furent alignés au glacier antérieur de Trift, à une distance d'environ 200 mètres de l'extrémité, en un endroit où la pente, après avoir été assez douce (d'environ 15°), devient tout-à-coup très-roide (de 28° en moyenne). La largeur du glacier est en cet endroit d'environ 140 mètres. Les pieux furent disposés de la manière suivante : celui de droite à 30 mètres du bord, celui du milieu à 30 mètres du premier, et celui de gauche à 50 mètres de celui du milieu et à 30 mètres de la rive droite. L'élévation trop peu considérable des rives dans la partie supérieure de ce glacier, ne me permit pas d'y établir une seconde station.

Par sa position, ce glacier semblait plus approprié qu'aucun autre au but que je me proposais. Non-seulement le grand glacier ne lui faisait pas barrage à son extrémité, mais ses flancs étaient également libres de toute entrave ; il n'y avait à l'endroit où j'établis ma station pas une saillie de rocher, pas le moindre petit promontoire capable de gêner sa marche ; le glacier se déployait librement sur une surface unie, et à côté de lui se voyait même un espace assez considérable, qu'il n'aurait pas manqué d'envahir, s'il avait été le moins du monde à l'étroit. Il était donc permis de croire que n'étant arrêté par aucun obstacle, ce glacier marcherait sensiblement plus vite que les deux autres, et que le trajet qu'il aurait parcouru dans le même

temps, pourrait être envisagé comme l'expression vraie de l'avancement des glaciers latéraux. L'expérience ne devait en aucune façon confirmer ces prévisions. Lorsque je vérifiai mes signaux après huit jours, je trouvai l'avancement suivant :

au pieu de droite	0^{m},15
au pieu du milieu	0,16
au pieu de gauche	0,19

ce qui fait, en prenant le plus élevé des trois chiffres, à-peu-près 24 millimètres par jour. Or l'avancement journalier fut de près du double pendant la même période, aux glaciers de Silberberg et de Grünberg.

Une seconde vérification faite avant mon départ, le 4 septembre, ne fit que confirmer ces premiers résultats. Je trouvai, à la vérité, le mouvement plus accéléré ; mais les proportions entre les différents pieux étaient restées à-peu-près les mêmes :

le pieu de droite était maintenant	à 0,76	de son emplacement primitif.
le pieu du milieu	à 0,70	
le pieu de gauche	à 1,11	

La moyenne des deux périodes avait ainsi été de 55 millimètres par jour, en prenant le maximum des trois chiffres.

Le glacier postérieur de Trift me donna des résultats analogues. J'avais réussi à y établir deux stations, l'une composée d'un seul pieu, tout près de l'issue du glacier, en un endroit où le glacier est très-crevassé et la pente moyenne de 25° ; l'autre, de deux pieux, à mille mètres environ plus haut, en un endroit où le glacier est beaucoup

plus large, et sa pente d'environ 15°. Or, en treize jours, du 23 août au 4 septembre, l'avancement de la station inférieure a été de $0^m,72$ ou 55 millimètres par jour ; le plus accéléré des pieux de la ligne supérieure a parcouru dans le même espace de temps $0^m,61$ ou 47 millimètres par jour.

Ces résultats concordent, comme on le voit, d'une manière frappante avec ceux du glacier de Trift antérieur, et comme les conditions extérieures des deux glaciers ainsi que leur étendue sont à-peu-près les mêmes, nous devons croire que ce n'est pas par l'effet du hazard, mais en raison d'une loi, qu'ils se meuvent aussi lentement. D'un autre côté, nous voyons qu'ici la vitesse relative des stations est en sens inverse de ce qu'elle était au glacier de Grünberg et de Silberberg : c'est la station inférieure qui a le mouvement le plus accéléré; sans doute parce qu'elle n'est pas arrêtée par la barrière du grand glacier.

Il paraîtrait donc, que toutes les fois que des glaciers latéraux ne sont pas retenus par un obstacle quelconque, leur mouvement va en s'accélérant de haut en bas, quoique dans une progression assez faible, à en juger par l'exemple du glacier de Trift postérieur.

La même chose a lieu d'une manière plus marquée dans les névés qui remplissent les couloirs des montagnes, et que M. de Charpentier désigne sous le nom très-impropre de bas-névés. C'est ce dont un couloir sur le flanc de l'Escherhorn, situé en face de l'ancien Hôtel des Neuchâtelois, m'a fourni cette année un exemple frappant. Ce couloir,

dont l'inclinaison est en moyenne d'au moins 30°, remonte à une grande hauteur, mais il se rétrécit de bas en haut, contrairement à ce qui a lieu dans les glaciers ordinaires, qui ont leur plus grande largeur à leur origine. Sa surface est de neige et de névé ; mais son intérieur est de glace, de cette glace terne et bulleuse que j'ai désignée sous le nom de glace de névé. J'y établis trois stations d'observation, que j'échelonnai d'après les principaux élargissements du couloir. Je plaçai la première, composée d'un pieu, à l'origine du premier élargissement, à une hauteur d'environ 300 mètres au-dessus du grand glacier, en un endroit où la pente était de 43°; la seconde, de deux pieux, fut placée à l'origine du second élargissement 150 mètres plus bas, en un endroit où la pente était de 40°; la troisième enfin à l'origine du troisième élargissement, environ 80 mètres au-dessus du glacier, sur une pente de 29°.

Le mouvement de ces différentes stations a présenté des différences notables, ainsi que le montre le tableau suivant. Du 19 août au 4 septembre, par conséquent en seize jours, l'avancement a été

	Inclinaison.	Avancement total.	Moyenne par jour.
à la station supérieure	par 43°	0m11	7mm
à la station moyenne			
pieu du milieu	40°	0m28	17mm
pieu de droite	40°	0m17	
à la station inférieure	29°	0m58	36mm

Il y a donc eu ici accélération notable de haut en bas, puisque le pieu de la station inférieure a marché cinq fois plus vite que celui de la station

supérieure, et cependant la pente était beaucoup plus considérable à cette dernière station. Il paraît donc que la pente n'est point par elle-même une cause d'accélération bien grande, et sous ce rapport le couloir de l'Escherhorn ne fait que confirmer ce que nous ont appris les expériences faites au glacier de Silberberg, où ce ne sont pas non plus les stations les plus inclinées qui ont marché le plus vite. Il y a un rapport bien plus direct entre la vitesse et le volume. Ainsi à la station moyenne de l'Escherhorn, qui correspond au premier grand élargissement, le volume de névé et de glace est au moins quadruple de ce qu'il est à la première station, et il en est de même de la station inférieure relativement à celle du milieu. Quelle est la part qui revient à la vitesse acquise dans cette accélération des névés, et quelle est la différence qui existe sous ce rapport entre les couloirs de névés et les glaciers véritables? c'est ce qu'il est difficile de dire dans l'état actuel de nos connaissances.

Je n'ai pas besoin de dire que des expériences comme celles que je viens de rapporter, sont hérissées de toute sorte de difficultés et même de dangers. Il me suffira de rappeler que tous les pieux devaient être forés dans la glace sous peine de les voir renversés à la première bourasque. Or ce n'était pas chose facile de transporter un perçoir de 30 livres à 3000 mètres de hauteur et au delà, par-dessus des moraines éboulées, au milieu de glaciers profondement crevassés, et sur des pentes de névé dont l'inclinaison allait quelquefois jusqu'à 43°. Ajoutez à cela que pour passer du rivage sur le glacier

et vice versa, il fallait souvent faire d'immenses détours, à cause des précipices qui se trouvent toujours entre la glace et le rocher. La connaissance même exacte des localités n'est qu'un auxiliaire imparfait en pareille circonstance. Tel chemin qui hier paraissait le plus praticable à cause de la neige qui remplissait les inégalités du sol, sera très-difficile aujourd'hui parce que la neige aura fondu; tel autre qu'on avait préféré parce qu'il était entièrement dégarni, sera peut être impraticable demain, à cause des crevasses que la neige cachera. Je me faisais ordinairement accompagner de deux ou trois guides, qui se plaçaient aux différents pieux d'une même station, tandis que je les alignais de l'un des points fixes. Le relevé de chacun des glaciers que j'ai cités, exigeait à-peu-près une demi journée et il y en avait qui ne pouvaient guère se faire en moins d'une journée entière, entre autre celles du glacier postérieur de Trift. Passait encore quand le temps n'était pas trop mauvais; mais quand au milieu de ces travaux, on était assailli par la neige ou la bourasque, alors l'opération devenait réellement pénible. D'autres observateurs se sont fait la besogne plus facile. Au lieu de déterminer à chaque station deux points fixes pour servir de points de repère et auxquels il faut se rendre à chaque observation, ils se sont contentés de transporter leur instrument sur un endroit du glacier qu'ils marquaient d'une pierre ou d'un pieu et prétendent ainsi arriver, au moyen d'une correction, à l'expression rigoureuse du mouvement de tous les points d'une section transversale. J'aban-

donne au public scientifique le soin de juger jusqu'à quel point une pareille manière de procéder peut passer pour rigoureuse.

Ce n'est pas mon intention de discuter ici la part que les différents agents physiques ont dans la marche plus ou moins accélérée des glaciers. C'est une question qui sera traitée avec tous les développements nécessaires dans l'ouvrage de M. Agassiz. Ne voulant pas m'éloigner pour le moment du domaine de l'observation, je me bornerai à fixer l'attention de ceux de mes lecteurs que ces recherches peuvent intéresser, sur un fait qui ressort des expériences que je viens de rapporter, c'est qu'en général et indépendamment de la pente et des conditions de sol et de lieu, l'avancement des glaciers soumis à l'observation pendant cette campagne, est en raison directe de leur volume. Ainsi, en ramenant tous les chiffres d'une station à une moyenne journalière, et en prenant pour base la station la plus accélérée, lorsqu'il y en a plusieurs sur un glacier, on obtient le rapport suivant :

L'avancement journalier a été en moyenne

au glacier principal	de 0^m, 210
au glacier de Grünberg	0,070
au glacier de Trift postérieur	0,055
au glacier de Trift antérieur	0,053
au glacier de Silberberg	0,044
au glacier de l'Escherhorn	0,036

Il est une série d'expériences que les circonstances nous ont forcé d'ajourner à une autre année, celles relatives à l'avancement des parties supérieures du grand glacier. Déjà en 1842, je

déterminai dans ce but, de concert avec M. Wild, la position d'une série de blocs échelonnés sur le glacier et le névé du Finsteraar, depuis l'Hôtel des Neuchâtelois, jusqu'au pied de la Strahleck. La grande quantité de neige qui était tombée sur le glacier pendant l'hiver de 1843, les avait rendus complètement inaccessibles, et cette année encore aucun d'eux n'était visible à la surface. Nous avons cependant tout lieu de croire que le mouvement est faible dans cette partie du glacier, et qu'il va en augmentant d'amont en aval, comme celui des glaciers latéraux.

Quant au mouvement du glacier de l'Aar dans son ensemble, il a été constaté pour la troisième fois, par des mesures trigonométriques embrassant tout un réseau de blocs répandus à sa surface, qu'il se ralentit dans une proportion constante, à partir d'une certaine région qui correspond maintenant à l'emplacement de l'ancienne cabane Hugi, ou plus exactement à une ligne tirée du point fixe N° IV, au point fixe N° V de la carte de M. Wild, de telle sorte que le maximum de vitesse près du bloc N° 5 est au minimun, près du bloc N° 18 [1], non loin de l'extrémité du glacier, comme 37 à 23. L'énoncé de ce simple fait nous dispense de réfuter l'opinion de ceux qui prétendent qu'en vertu des lois de la mécanique, tous les glaciers doivent

[1] Voy. pour de plus amples détails, ma lettre à M. Elie de Beaumont dans les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences 1844. Tom. XIX p. 1299.

nécessairement aller en augmentant de vitesse d'amont en aval.

Je conviens du reste volontiers que ce fait est contraire aux prévisions les plus générales, et qu'il est susceptible de bien des interprétations. Cependant je ne pense pas que ce soit un phénomène exclusivement propre au glacier de l'Aar, comme quelques personnes pourraient le croire. Il est probable au contraire, que c'est un phénomène général, intimément lié à la structure de la glace, dans la partie terminale des grands glaciers.

Recherches sur la densité de la glace.

C'est un fait bien connu de tous les observateurs, qu'à l'extrémité des glaciers, la glace est plus transparente et renferme moins de bulles d'air que dans les régions supérieures. Ceci nous explique pourquoi la teinte bleue des crevasses augmente d'intensité à mesure qu'on descend du névé vers les parties terminales. Diverses causes peuvent amener cette différence, ou plutôt elle est probablement l'effet de plusieurs causes réunies.

Partant de l'idée que la pression devait avoir une influence sur la densité de la glace, M. Dollfuss commença par tailler, à différentes stations, des cubes de glace d'un volume semblable (20 centim. de côté), et après les avoir égalisés aussi bien que possible, il les pesa au moyen d'une balance à bascule, qu'il avait emportée avec lui au glacier. Il résulte de ces pesées que non-seulement la glace

des glaciers est sensiblement plus pesante que la glace ordinaire [1]; mais encore qu'il y a à cet égard des variations notables suivant les stations. Ainsi, la glace des régions voisines du névé, est sensiblement plus légère que celle des régions terminales. Un cube de glace de 20 centim. de côté, pris dans le talus terminal, pèse en moyenne de 7580 à 7600 grammes, tandis qu'un cube semblable taillé à la hauteur du Pavillon, une lieue plus haut ne pèse que de 7350 à 7400 grammes [2]; mais il faut avoir soin, lorsqu'on veut faire des expériences comparatives, que les cubes de glace sur lesquels on opère, soient taillés dans des conditions semblables. Ainsi, par exemple, il ne faudrait pas prendre un cube près du bord, et l'autre au milieu du glacier, ni l'un à la surface et l'autre à une grande profondeur. Nous nous sommes assurés par une série d'expériences qu'il existe une différence à-peu-près aussi grande, quant à la densité, entre la glace des bords et celle du centre, qu'entre celle de l'extrémité du glacier et celle des régions supérieures. La glace des bords, au pied du Pavillon, est plus lourde que celle de la moraine médiane sur la même ligne transversale; elle ne le

(1) Le poids de la glace ordinaire ou glace d'eau est fixé à 865 kilog. le mètre cube. La glace du glacier varie de 890 à 960.

(2) M. Dollfuss a publié les chiffres d'une série d'expériences, qui constatent des variations allant jusqu'à 580 grammes pour 8 décimètres cubes, ou 72 kilog. pour un mètre cube.

cède même guère en densité à la glace de l'extrémité du glacier. C'est là une conséquence de sa structure. En effet, à la hauteur du Pavillon, la glace est encore bulleuse sous la moraine médiane, quoique à un moindre degré qu'à l'Hôtel des Neuchâtelois. Près des bords, au contraire, les bulles sont peu nombreuses; les bandes bleues ne sont plus aussi tranchées, la masse entière est plus homogène, semblable à du verre fondu dans lequel il y aurait quelques fissures. La glace de l'extrémité ne diffère de celle-ci, qu'en ce qu'elle est encore plus transparente, les bulles d'air ayant presque complètement disparu. Evidemment il y a ici une corrélation entre la densité de la glace et le mouvement du glacier. Mais si le mouvement tend à augmenter la compacité, comment se fait-il que la glace soit plus compacte au bord qu'au milieu? Ne devrait-on pas s'attendre à tout le contraire, c'est-à-dire, à ce que la glace fut plus dense au milieu, puisque l'avancement y est plus rapide que sur les bords? C'est en effet, ce qui arriverait infailliblement, si le glacier s'avançait dans une large vallée, où il pût s'étaler à son gré. Au lieu de cela, la vallée va en se rétrécissant, et oppose ainsi des obstacles toujours renaissants à la marche des glaciers. Ces obstacles agissent en premier lieu sur la glace des bords, et comme le milieu n'en continue pas moins de cheminer plus rapidement, il s'ensuit que les masses latérales se trouvent resserrées entre les obstacles du bord et le mouvement du centre; la compression y est très-forte et de là leur plus grande compacité. Nous avons d'ailleurs vu

plus haut (pag. 67), qu'un mouvement a lieu du centre vers le bord; or, comme ce mouvement est à-peu-près aussi considérable que l'avancement d'amont en aval, il est probable qu'il contribue aussi de son côté à augmenter la compacité de la glace près des rives.

La neige et les différentes espèces de névé ont été soumises aux mêmes expériences et ont donné les résultats suivants :

1° La neige fraîche, recueillie sur le glacier, au pied du Pavillon, le 16 août, le jour même de sa chute, a pesé, le cube de 20 centimètres de côté, ou les 8 décimètres cubes 886 gr.

2° Cette même neige, après s'être tassée et transformée en névé, a pesé deux jours plus tard, le 18 août, les 8 déc. cubes 2450 »

3° Du névé provenant de la même chute de neige, pris au glacier postérieur de Trift, à 3500m de hauteur, a pesé, les 8 déc. cubes :
- à la partie supérieure de la couche 4000 »
- à la partie inférieure 3600 »

4° Du névé ancien, provenant de la neige d'hiver, pris à la même station, a pesé les 8 déc. cubes :
- à la partie supérieure 5000 »
- à la partie inférieure 4800 »

5° Du névé ancien, pris au pied du Pavillon, a pesé les 8 déc. cubes 4850 »

Il résulte de ces expériences, que la neige et le névé sont d'autant plus pesants qu'ils sont plus anciens, et en second lieu, que la partie supérieure d'une même couche pèse d'ordinaire plus que la partie inférieure. Ce qui a surtout lieu d'étonner, c'est la différence notable qui existe entre le poids de la neige au moment de sa chute et deux jours

plus tard. Pour s'en rendre compte, il ne faut pas perdre de vue que dans l'intervalle la masse avait non seulement subi un tassement notable, ainsi que nous le verrons en traitant de l'ablation, mais que la neige s'était aussi transformée en névé à grains très-petits, il est vrai, mais qui n'en était pas moins du névé. Or, une pareille transformation ne peut avoir lieu qu'à la condition qu'il s'opère une résolution partielle de la neige en eau, ou, en d'autres termes, qu'il y ait fonte à la surface, puisque le névé n'est autre chose qu'une cristallisation complexe, due aux variations fréquentes de la température autour du point de fusion; d'où il résulte que, si les faces cristallines sont souvent interrompues dans leur formation, elles doivent finir par s'oblitérer et donner lieu à des grains ronds. Ces faits ont été discutés avec une rare sagacité par M. Ladame, dans une communication faite à la Société des sciences naturelles de Neuchâtel; ils ont conduit l'auteur à ce résultat, qui n'est pas seulement important pour l'étude des glaciers, mais est d'un grand intérêt pour la météorologie toute entière, savoir : que partout où l'on observe de la neige grenue, passant peu à peu à l'état de glace compacte, il faut en conclure que la masse entière a été à la température de zéro [1].

D'après cela, on peut supposer que si, pendant les deux jours, du 17 au 18 août, la température ne s'était pas élevée au-dessus de 0°, il n'y aurait eu

(1) *Actes de la Société helvétique des sciences naturelles*, 28e session, 1843. p. 298.

ni tassement, ni transformation en névé, et que par conséquent la différence de poids aurait été bien moindre. Par la même raison, la neige des hautes montagnes reste poudreuse pendant l'hiver, et ce n'est qu'avec le retour de la chaleur, au printemps, qu'elle commence à devenir grenue.

Mode de décomposition de la glace.

Les expériences qui précèdent nous fournirent l'occasion de compléter, à certains égards, nos données sur la structure de la glace. Quand les cubes avaient été pesés, on les exposait au soleil sur des dalles de pierre, pour observer la marche de la décomposition dans les différentes sortes de glace. La glace des régions inférieures, qui était la plus compacte, s'altérait le plus vite ; les fissures, d'abord en très-petit nombre, se multipliaient rapidement, en causant un petit bruit de décrépitation ; la glace perdait sa transparence à vue d'œil ; les bords du cube s'émoussaient ; les surfaces devenaient raboteuses et au bout d'un certain temps, les fragments anguleux commençaient à bouger entre leurs jointures : preuve évidente que cette singulière structure, sur laquelle les auteurs ont émis des opinions si différentes, n'est réellement autre chose que le résultat de l'entrecroisement des fissures, qui s'élargissent sous l'influence de l'air extérieur.

Les cubes de glace pris dans les régions supérieures, là où la glace est encore plus bulleuse, se décomposaient plus lentement et donnaient lieu à des fragments moins gros. Les fissures capillaires

s'y propageaient avec moins de rapidité, mais finissaient cependant par envahir à la longue tout le cube. S'il y avait dans le cube une ou plusieurs bandes bleues, celles-ci se comportaient comme la glace de la région terminale. Les fissures s'y multipliaient avec une grande rapidité et formaient ainsi un contraste frappant avec la décomposition de la glace bulleuse ou glace blanche. De plus, ces cubes se séparaient toujours en tranches le long des bandes bleues, et si les fissures qui occasionnaient ces séparations n'étaient pas visibles au moment de l'extraction, elles le devenaient bientôt après, à mesure que l'eau s'écoulait et que l'air pénétrait dans la glace, d'où il faut conclure que ces fissures verticales qu'on remarque dans quelques larges bandes, lorsqu'on examine la structure rubannée sur les parois d'une crevasse, existent invariablement dans toutes les bandes.

La glace de névé se comporte différemment, lorsqu'on l'expose à l'air. Comme elle n'a pas de bandes bleues, elle ne se divise pas en lames parallèles, et ne donne pas non plus lieu à cette structure fragmentaire qui est propre à la glace compacte ; elle redevient tout simplement du névé; le ciment qui unissait les grains de névé se dissout et ceux-ci se dégagent aussi complètement que s'ils n'avaient jamais été cimentés. Mais de même que la glace du glacier n'arrive que par degrés à sa plus grande densité, de même ses différents modes de fusion ne sont rien moins que tranchés ; il y a au contraire des passages insensibles de l'un à l'autre, et l'on peut dire qu'en thèse générale les décombres

de la glace sont d'autant plus gros que sa compacité est plus grande. Cependant, quelle que soit sa transparence et sa compacité, sa structure diffère toujours notablement de celle de la glace d'eau.

Nouvelles expériences sur l'ablation.

L'ablation ou la perte de substance que le glacier éprouve à sa surface, par suite de la fonte et de l'évaporation, fut encore cette année l'objet d'expériences suivies. Il ne s'agissait pas seulement de savoir combien la surface perdait pendant la durée d'une campagne ou même d'un jour à l'autre. Nous voulions encore pouvoir apprécier au juste la part que prennent dans ce phénomène les différents agents atmosphériques, qui, comme l'on sait, sont d'une mobilité extrême dans ces régions. Il fallait pour cela trouver un appareil qui permît d'apprécier de très-petites différences, en répétant fréquemment les expériences, et au besoin d'heure en heure. Or, comme un simple pieu planté dans la glace était insuffisant, nous eûmes recours à l'appareil suivant : Deux pieux d'égale longueur, espacés de quatre mètres, furent enfoncés dans la glace à la profondeur de 50 centimètres, et entourés de gazon, afin de leur conserver une position fixe, en empêchant l'ablation autour d'eux. La surface du glacier entre les deux piquets fut exactement nivelée, après avoir été débarrassée d'une légère couche de névé qui la recouvrait. Cela fait, une latte bien droite fut posée de niveau sur les piquets, et la hauteur de la latte au-dessus de la

surface du glacier, à chaque observation, indiquait la quantité dont cette surface s'était abaissée, quantité qu'on pouvait apprécier à un millimètre près, en procédant avec quelque précaution. M. Dollfuss observa ainsi à plusieurs reprises, d'heure en heure, l'ablation. Il y consacra même une fois une journée entière, pendant laquelle il répéta l'expérience de demi-heure en demi-heure. J'extrais de son bulletin le tableau ci-joint qui indique la marche de l'ablation aux différentes heures du jour et dans ses rapports avec la température extérieure. On verra en même temps par là, quelle est la différence entre la température à l'ombre et celle au soleil.

Ablation pendant la journée du 21 août.

Heures.	*Ablation.* En millim.	*Température* au soleil	à l'ombre.	*État du ciel.*
9	0	10°	7°	Soleil avec vent.
9 ½	3	12	10	Soleil sans vent.
10	5	15	11	Soleil sans vent.
10 ½	5	15	11	Soleil, vent faible.
11	2	10	8	Soleil sans vent.
11 ½	4	10	7	Soleil, vent faible.
12	8	18	15	Soleil sans vent.
12 ½	6	. . .	7	Couvert, calme.
1	4	. . .	10	Couvert, vent faible.
1 ½	2	10	8	Soleil, vent faible.
2	3	10	8	Soleil.
2 ½	1	7	5	Soleil sans vent.
3	1	. . .	5	Couvert par intervalles
4	1	. . .	4	Couvert.
5	0	. . .	4	Couvert.

En somme, $0^{m},045$.

L'appareil qui servit à ces observations était à 10 mètres du bord. Ce chiffre de 45 millimètres est loin d'égaler le maximum d'ablation qui peut avoir lieu en cet endroit. Nous avons eu des jours où elle fut de 60 et même de 65 millimètres (le 10 et le 11 août), et nous savons par les expériences d'autres années, que la moyenne de plusieurs mois peut aller jusqu'à sept centimètres par jour, au milieu du glacier. Cette année, la moyenne a été très-faible pendant la durée de notre séjour, à cause des chutes abondantes de neige qui recouvrirent le glacier à plusieurs reprises. Elle n'a été au total que de 21 centimètres en dix-neuf jours (du 10 au 27 août); mais sur ces dix-neuf jours, il y en a douze pendant lesquels elle fut à-peu-près nulle; en sorte qu'en répartissant les 21 centim. sur les sept autres jours, cela fait en moyenne 3 centim. d'ablation par jour, chiffre qui est de beaucoup supérieur à la moyenne de l'année. En effet, j'ai retiré cette année du trou aux cylindres, situé près de l'Hôtel des Neuchâtelois, et spécialement destiné à cet usage [1], le cylindre N° 11, qui m'a indiqué une ablation de six mètres, depuis la fin d'août 1842, époque où le N° 13 fut retiré. Or, c'est là le maximum d'ablation *annuelle* qui ait été observé jusqu'ici au glacier de l'Aar. D'autres expériences faites pendant les années précédentes sur des pieux plantés dans la glace, un peu en amont du Pavillon, ne nous ont donné qu'une ablation de $1^m,10$ à $1^m,95$, suivant la position des pieux. Or, en pre-

(1) *Excursions*, etc. pag. 315 et 507.

nant le maximum de 3 mètres par an, cela n'équivaut qu'à 8 millimètres par jour (0^{m},082).

A cette occasion, je dois répéter ce que j'ai déjà dit ailleurs, c'est que rien n'est plus variable que l'ablation annuelle; telle partie du glacier qui aura éprouvé cette année une perte considérable, pourra bien n'en subir qu'une très-faible l'année suivante, selon la quantité plus ou moins considérable de neige que les vents y auront accumulée. Ainsi, par exemple, les environs du trou aux thermométrographes n'ont éprouvé qu'une ablation de 15 cent. depuis deux ans, par la seule raison que la neige qui s'y était accumulée pendant l'hiver n'a pas pu fondre, tandis qu'à une centaine de pas de là, au trou des cylindres, l'ablation a été de 6 mètres. Si, au lieu de s'entasser en cet endroit, la neige amenée du fond du Finsteraar avait été portée plus loin, il est probable que la différence aurait été très-peu sensible, sinon nulle. Il se peut aussi que sur d'autres glaciers mieux abrités, l'ablation annuelle soit en général plus considérable et plus uniforme.

A ces expériences nous en joignîmes d'autres, destinées à nous apprendre quels étaient les corps qui protégeaient le mieux la glace. Dès son arrivée au glacier, M. Dollfuss avait fait différents essais. Il avait construit une petite moraine artificielle à la distance de dix mètres environ du bord; un peu plus loin il avait recouvert de gazon une portion du glacier; sur une autre partie, il avait entassé du foin; plus loin encore, il avait étendu une couverture de laine sur la glace; à côté était une plan-

che et un parapluie en toile de coton ouvert et fixé avec des cordes. Au bout de quelques jours on apercevait déjà une différence notable entre la hauteur de la glace ainsi abritée et celle qui ne l'était pas, et bientôt nous pûmes nous assurer que tous les appareils ne protégeaient pas également. Le tableau ci-joint, donnera une idée exacte de leur efficacité, en indiquant la quantité dont la portion recouverte s'élevait au-dessus de la surface ambiante, après un laps de dix-huit jours (du 10 au 26 août). Elle fut trouvée :

sous la couverture de laine	de 0m,20
sous le parapluie	de 0,22
sous la planche	de 0,28
sous le gazon	de 0,30
sous la neige	de 0,30

On voit par là que les corps qui protégent le mieux sont le gazon et la neige, tandis que la couverture de laine s'est montrée moins efficace, d'où il faut conclure qu'elle a laissé passé un tiers de calorique de plus que le gazon et la neige. Ce qui le prouve, c'est qu'ayant posé une latte sur la couverture, nous la vîmes occasionner un relief, très sensible de 3 centimètres en six jours. Que la neige ait fourni l'abri le plus efficace, cela s'explique naturellement par sa température propre, que la chaleur extérieure ne saurait élever au-dessus de 0°. Mais pourquoi le parapluie qui était d'une étoffe plus mince que la couverture de laine a-t-il mieux protégé? Je crois qu'il faut en chercher la raison dans le fait que ne reposant pas immédiatement sur la glace, l'air au-dessous se maintenait

constamment à une température plus basse, refroidi qu'il était par le contact continuel avec la glace. Il est probable, cependant, que l'effet aurait été moindre si le parapluie avait été sensiblement plus grand. Quoiqu'il en soit, nous avons prouvé par là que nous n'étions pas dans l'erreur, lorsque nous prétendions qu'en élevant pendant l'été un vaste toit au-dessus du glacier, on pourrait le faire grandir indéfiniment.

Des expériences concomitantes furent faites sur la disparition de la neige. Pendant les journées du 15 et du 16, il était tombé une quantité considérable de neige qui s'élevait à $0^m,60$ le 16 au soir. Nous en observâmes soigneusement les modifications et la disparition successive qui se trouve résumée dans le tableau suivant.

Date. Août.	*Hauteur de la neige.*	*État du ciel.*
16	$0^m,60$	variable.
17	0,40	beau.
18	0,20	variable.
19	0,17	brouillard.
20	0,08	variable.
21	0,06	couvert.
22	0,	neige et vent.

Cette disparition si inégale n'est point une simple ablation comme celle de la glace; elle est l'effet combiné de la fonte et du tassement; et c'est à cette double influence qu'il faut attribuer la diminution très-considérable des deux premiers jours comparativement aux jours suivants, au milieu de

circonstances atmosphériques à-peu-près semblables. Nous avons en effet vu plus haut (pag.85), que la même neige, dont le cube de 2 décimètres de côté pesait, le 16 août au soir, 886 grammes, avait presque triplé de poids en deux jours, puisqu'elle pesait, le 18 au soir, 2450 grammes. D'un autre côté, le tableau ci-dessus nous montre que l'épaisseur de la couche de neige avait diminué de deux tiers, et si nous comparons les deux tableaux nous verrons que l'augmentation de poids est en rapport direct avec la diminution de volume ; en d'autres termes, le poids avait augmenté dans la même proportion que le volume avait diminué. En même temps la structure de la neige avait changé; on ne reconnaissait plus les cristaux primitifs; mais la masse entière avait une apparence finement grenue; c'était un commencement de névé. Il paraîtrait donc que l'eau résultant de la fonte qui s'est opérée à la surface de la neige, pendant les deux jours de beau temps qui ont succédé à sa chute, ne s'est point écoulée, mais qu'elle a été absorbée par la neige elle-même, et qu'il n'y a eu de perdu que ce qui s'est évaporé. Ces faits concordent de la manière la plus complète avec les observations que M. Nicolet a faites au commencement de cette année sur la manière dont la neige se comporte après sa chûte dans les hautes vallées du Jura (à la Chaux-de-Fonds). Selon cet habile observateur, le tassement de la neige est toujours le premier indice de sa transformation en névé. «La neige dit-il [1], se

[1] *Bulletin de la société des sciences naturelles de Neuchâtel*, 1843-1844, p. 112.

déprime ou s'affaisse tout-à-coup; elle se détache des parois verticales des rochers, des murs de clôture et se contracte des bords au centre; les couches superficielles obéissent le plus sensiblement au mouvement de contraction; un vide ou baillement se forme entre le rocher ou la muraille et le dépôt. La neige devient humide ou pâteuse, de sèche ou saccharoïde qu'elle était.... A cette première période de la résolution de la neige en eau, cette dernière ne s'échappe pas encore du dépôt».

Ces détails sont de la plus haute importance pour l'étude des glaciers, en ce qu'ils nous donnent l'explication du relief des névés. On sait que tandis que la surface des glaciers est d'ordinaire bombée au milieu et inclinée vers les bords, celle des névés est au contraire concave au centre et relevée vers les bords. Or du moment qu'il est constaté que la transformation de la neige en névé détermine une contraction de la masse vers les bords, la forme concave des névés n'a plus rien que de très-naturel, surtout si la contraction et le tassement sont plus prononcés au milieu; car dans ce cas, la surface des névés pourrait être concave, sans que les couches de glace sous-jacente le fussent.

Observations sur le volume des eaux de l'Aar et conséquences qu'on peut en tirer.

Les expériences dont nous allons nous occuper maintenant, et que nous envisageons comme très-importantes pour la théorie des glaciers, appartiennent exclusivement à M. Dollfuss. Commencées

avant mon retour des Alpes d'Italie, elles ont été continuées pendant toute la durée de notre séjour au Pavillon, avec un dévouement et une persévérance, auxquels je me plais à rendre un témoignage public d'admiration. Certes, il mérite l'approbation des hommes de science, celui qui, au lieu de rechercher les plaisirs que donne l'opulence, ne craint pas de venir partager les mille privations d'un séjour dans les glaciers, dans le seul but de concourir à la recherche d'une vérité.

En arrivant au glacier de l'Aar, M. Dollfuss avait remarqué que le lit de la rivière était cette année d'une régularité extraordinaire, sur un espace assez considérable. Aussitôt l'idée lui était venue qu'on pourrait, au moyen d'un jaugeage exact de cette partie du lit de l'Aar, connaitre le volume de l'eau de la rivière et le comparer plus tard à la somme de l'ablation sur toute la surface du glacier. Il s'était mis à l'œuvre, et avait passé plusieurs nuits dans les greniers de M. Zybach, qui sont près de l'extrémité du glacier, pour observer les variations du niveau de l'eau de trois heures en trois heures. Voici, à-peu-près, comment il a lui-même rendu compte de ses opérations, dans une brochure qu'il a publiée pour ses amis [1].

A cent pas de la voûte du glacier, le torrent est encaissé dans le gravier et coule avec impétuosité; sa largeur est de 12 mètres; sa vitesse est uniforme sur une longueur de 50 mètres. On commença par

(1) Hautes régions des Alpes. Campagne 1844. — Scientifique p. 8. et s.

fixer une perche sur la rive gauche, tout prés du bord; une seconde fut plantée à 50 mètres en aval, une troisième au milieu de ces deux, une quatrième à 10 mètres en aval de la première, une cinquième enfin à 10 en amont de la dernière. Cela fait, un guide fut envoyé sur la rive droite, pour planter cinq autres perches vis-à-vis des précédentes. Une corde attachée à un gros caillou et lancée d'une rive à l'autre, indiquait une largeur uniforme de 12 mètres sur toute cette longueur. Des morceaux de bois de dimension et de pesanteur différentes, flottant sur l'eau à des distances variées du bord, indiquaient la vitesse du courant. La pente de parcours était de $0^m,580$; le fond du lit fut trouvé inégal, composé de cailloux, de gravier et de sable.

Un fort piquet en bois avait été enfoncé dans le torrent à un mètre du bord, un peu en aval de la première section; sur ce piquet était fixé un ruban marqué au centimètre, qui indiquait la hauteur de l'eau. A quelques mètres en amont de cette marque, on avait creusé une petite anse latérale, à l'abri des vagues, dans laquelle on enfonçait des piquets indiquant le niveau de l'eau à chaque observation et servant ainsi de corollaire aux indications du ruban. Pour mesurer la section du fond, deux guides traversèrent le torrent à dos de cheval et sondèrent le lit avec une perche (1). Quelques jours

(1) M. Dollfuss, en amateur de chevaux, décrit avec complaisance ce passage. « Une jument forte et robuste, de grande taille, couleur alezan doré, belle crinière blonde, tête carrée, œil vif, d'aplomb sur ses quatre membres, ni vieille ni jeune, est à côté de nous en pâturage. Un simple stimulant de voix, et la bête aborde franchement

plus tard, le torrent ayant baissé considérablement, la profondeur put être mesurée plus exactement. Un homme robuste, de grande taille, chargé de 50 kil. de pierre, afin de ne pas être entraîné, parcourut de nouveau les cinq sections en indiquant la profondeur de mètre en mètre sur les cinq sections transversales. Voici le tableau de la profondeur des cinq sections en centimètres, dans leur ordre de succession d'amont en aval (1).

1re section		30	40	40	40	40	40	42	50	55	45	5
2me section		3	13	30	36	50	50	52	50	53	47	
3me section		2	7	10	22	50	50	60	70	70	40	
4me section	5	32	37	40	42	50	50	45	52	40	30	
5me section	15	40	40	42	45	55	55	50	42	35	15	

Pour trouver la profondeur moyenne du lit du torrent, il suffit d'additionner les douze chiffres de

la question. Le passage se fait sans licol, ni fer dans la bouche. La main du premier cavalier touchant légèrement la tête du côté droit veut dire : direction à gauche ; le mouvement contraire est l'avertissement pour aller à droite. Ce geste est parfaitement compris. La manœuvre s'exécute dans tous les sens, avec précaution essentielle de marcher contre le courant. C'est vraiment curieux et beau de voir un cheval chargé de deux hommes, au simple commandement de la voix et du geste parcourir un torrent impétueux sortant de la voûte du glacier et dont la température est à peine au-dessus de 0°. Cheval de manège entre mains et jambes savantes, marchant sur un tapis de sable élastique et uni, ne ferait certes pas mieux.»

(1) Les sections, ainsi qu'il a été dit plus haut sont distantes de 10 mètres ; les chiffres d'une même section de 1 mètre.

chaque section, de les diviser ensuite par 12, et puis, après avoir additionné la somme des cinq sections, de la diviser par 5. En établissant ainsi le calcul par section de largeur, on obtient 0m,326; en calculant par section de longueur, c'est-à-dire en additionnant d'abord les cinq chiffres de chaque rubrique longitudinale, on obtient 0m,335. La moyenne des deux produits est par conséquent de 0m,33. C'est le chiffre qui a été adopté.

Pour mesurer la vitesse, un observateur se plaçait à la première station et faisant jeter des copeaux dans l'eau à une certaine distance en amont du point d'observation, afin que ces marques flottantes prissent la vitesse du courant, il observait, avec une montre à seconde, le passage du copeau entre les perches de la première station. Un second observateur, placé à la dernière ou cinquième station, baissait la main au moment du passage, et le temps qui s'écoulait pendant que le copeau parcourait l'espace entre les deux stations extrêmes, indiquait la vitesse du courant. — Il suffisait après cela de multiplier la largeur et la longueur du lit qui étaient constantes, avec la vitesse de parcours et la hauteur de l'eau à chaque observation, pour connaître le volume d'eau qui s'échappait dans un temps donné.

Or il résulte des calculs de M. Dollfuss, que du 9 au 12 août le volume d'eau n'a pas varié d'une manière sensible et que l'Aar a écoulé en 24 heures 2,000,000 mètres cubes d'eau. A partir du 16 août cette quantité a notablement diminué; du 16 au 21 elle a été en moyenne de 680,000 mètres cubes, et du 25 au 27 seulement de 328,000.

On pressent qu'il doit exister une liaison entre ces fluctuations de la rivière et les conditions météorologiques extérieures. Et, en effet, cette liaison est intime, si l'on compare ces chiffres avec nos observations météorologiques, telles qu'elles sont consignées dans le tableau de l'avancement de la moraine médiane (voy. plus haut p. 62 et 63).

Rappelons d'abord que la neige a commencé le 13, qu'elle a continué le 14, une partie du 15 et toute la journée de 16, de telle sorte qu'il n'y avait pas moins de 60 centimètres de neige sur le glacier le 16 au soir, sans compter celle qui tomba la nuit suivante. On peut donc admettre que pendant toute la journée du 16 et une grande partie des journées du 14 et du 15, la fonte fut nulle; d'autant plus que la température s'élevait fort peu au-dessus de 0°. Or, malgré cela, l'Aar n'a pas discontinué de couler; elle n'a pas même atteint son niveau le plus bas, puisque le 17 elle fournissait encore 680,000 mètres cubes d'eau en 24 heures.

Que faut-il conclure de là, si ce n'est que l'eau de fonte qui pénètre dans le glacier n'arrive pas directement à l'issue, mais qu'elle rencontre en chemin des obstacles qui retardent sa marche, puisqu'en prenant pour base le minimum de vitesse de l'Aar, à sa sortie, il suffirait à-peu-près d'une heure pour qu'un ruisseau de l'Abschwung gagnât l'extrémité du glacier. Or, puisque l'Aar a pu continuer de couler pendant au moins 48 heures, et que pendant ce laps de temps elle a fourni, sans recevoir aucun tribut de la fonte superficielle, un volume d'eau de 1,360,000 mètres cubes d'eau, il faut bien que

cette masse d'eau ait été en réserve dans l'intérieur du glacier; car les sources qui viennent sourdre sous le glacier ne sont pas assez importantes pour qu'on puisse en tenir compte.

A la suite de ces chutes de neige le temps revint passagèrement au beau, la température se réchauffa et la neige disparut peu à peu. La journée du 17, entre autres, fut très-chaude et sereine jusque vers le soir, et malgré cela l'Aar ne haussa pas, comme on aurait dû s'y attendre; il nous sembla au contraire qu'elle avait encore baissé. Les jours suivants, le temps, sans être aussi laid que précédemment, fut plus variable; les journées du 19 et du 21 entre autres furent assez chaudes; mais l'Aar n'en continua pas moins sa baisse; et le 22 la neige avait disparu sur toute la partie terminale du glacier, que la rivière baissait encore. La baisse fut même très-sensible pendant les journées froides du 23, 24, 25 et 26 août, puisque nous voyons son volume d'eau réduit à 328,000 mètres cubes par jour. Elle ne recommença à hausser qu'à partir du 27, époque où commença réellement l'été du glacier. Malgré cela, la rivière n'avait pas encore atteint, au moment de mon départ du glacier (le 3 septembre), la hauteur qu'elle avait au commencement de nos expériences (du 9–12 août).

Pour peu qu'on y réfléchisse, ces variations du volume de l'Aar n'ont rien que de très-naturel. De ce que l'état du ciel et la marche du thermomètre n'influent pas immédiatement sur le niveau de la rivière, faut-il en conclure que celui-ci est indépendant de l'état de l'atmosphère? Bien au contraire,

la liaison n'en ressort que mieux; seulement l'effet n'est pas instantané. Si l'Aar n'a pas haussé malgré la température chaude du 17 août, c'est parce que le glacier était couvert de neige et que la neige est, comme nous l'avons vu plus haut, de tous les corps celui qui protège le mieux contre l'ablation. La fonte de la neige elle-même ne saurait remplacer la fonte de la glace, par la raison que l'eau qui en provient est employée en grande partie, si non totalement, à transformer les couches inférieures en névé.

Cela posé, il pourra faire telle chaleur qu'on voudra, si un glacier est recouvert de neige, cette chaleur n'influera pas directement sur le volume de la rivière qui en sort, et si la neige est tombée la veille, le volume d'eau, loin de hausser, devra au contraire continuer à baisser, puisqu'il continuera en quelque sorte à vivre sur son propre fond, comme nous voyons que cela a effectivement eu lieu pendant la journée du 17 août. Le glacier, sous ce rapport, me paraît comparable à une immense éponge imbibée qui reçoit et fournit continuellement de l'eau. Que la source qui l'alimente vienne à tarir momentanément, l'éponge n'en continuera pas moins à fournir de l'eau, par l'effet du mouvement propre du liquide qui tend à s'échapper, mais qui s'écoule d'autant plus lentement, que les canaux qu'il a à parcourir sont plus fins. Par la même raison, si après avoir intercepté la source, vous la ramenez de nouveau sur l'éponge, l'effet n'en sera pas non plus instantané; l'eau sera d'abord employée à réparer les pertes que l'éponge avait éprouvées dans l'in-

tervalle; le ruisseau qu'elle alimente n'en éprouvera qu'un accroissement très-graduel, et ce n'est que lorsque l'éponge sera complétement imbibée que le ruisselet reprendra son volume primitif. Il est à présumer que les choses se passent à peu près de la même manière dans l'intérieur du glacier. Les fins tubes de l'éponge, ce sont les fissures capillaires. Si donc le glacier a continué à fournir de l'eau, alors même qu'il avait cessé d'en recevoir à sa surface depuis plusieurs jours, c'est parce que ce réservoir de fines ramifications ne laisse échapper l'eau que lentement. Par la même raison, le niveau ne s'est relevé qu'insensiblement. La neige n'a fait qu'ajouter au retard, en empêchant l'équilibre de se rétablir plus tôt. Le fait que l'Aar continue de couler pendant la nuit sans changement notable, n'est qu'un effet de la même loi. D'après la lenteur avec laquelle l'eau circule dans l'intérieur, on peut prévoir que les variations que pourrait produire l'absence de fonte pendant la nuit, ne doivent se faire que le lendemain, et c'est en effet dans la matinée que les eaux sont les plus basses. Plus un glacier sera long, moins il y aura de chances que ces variations diurnes soient sensibles.

Des observations d'une autre nature semblent confirmer ces résultats. Une fosse de quatre mètres carrés et de deux mètres de profondeur, avait été creusée dans le glacier, à une dizaine de mètres du bord, en un endroit où l'inclinaison était assez forte. Au fond de cette fosse on avait creusé un trou d'un mètre de diamètre et de 30 centimètres

de profondeur, qui avait son écoulement par un fossé. Pendant la nuit, ce trou se recouvrait d'une couche de glace, comme les autres cavités contenant de l'eau, et le petit ruisseau qui en sortait, tarissait ordinairement quelques heures après le coucher du soleil, et ne reprenait son cours que le lendemain vers les 10 ou 11 heures du matin, c'est-à-dire lorsque la fonte durait déjà depuis quelques heures. Mais pendant les deux jours qui succédèrent à la chute de neige, le ruisseau resta à sec, quoique la température fût remontée à son degré habituel, et ce ne fut que le 19 que l'eau commença à filtrer de nouveau sur les parois de la fosse. Que doit-on conclure de ce fait, si ce n'est que pendant les deux jours du 17 et du 18, l'eau de fonte, trouvant les pores du glacier vides jusqu'à une certaine profondeur, n'a pas eu le temps de se déverser latéralement, comme cela arrive lorsque le glacier est bien imbibé, mais a filtré directement vers le fond. Ce résultat est une confirmation des expériences que nous avons faites précédemment sur l'infiltration des liquides colorés, où nous avons vu que ces liquides traversaient plus facilement la glace de nuit que de jour.

Cette même fosse devait nous conduire à une autre remarque non moins curieuse. J'ai dit plus haut que la surface de l'eau au fond du second creux, se gelait ordinairement au moment où le soleil quittait l'horizon, parce qu'alors la température s'abaissait au-dessous de 0°. Mais outre cela, il se formait aussi quelquefois des aiguilles de glace dans d'autres conditions et par une température

de l'air bien au-dessus de 0°. J'ai vu à plusieurs reprises des aiguilles de glace se former entre onze heures et midi, sans que j'aie pu deviner la cause de leur apparition subite, et par une température de l'air extérieur de + 12° à l'ombre. Il est vrai que dans le trou, l'air était plus froid, et que la température allait en baissant de haut en bas; mais il n'en conservait par moins plusieurs degrés de chaleur. J'approchai en vain le thermomètre aussi près de la surface de l'eau qu'il me fut possible, sans trouver 0°, et pourtant je voyais les aiguilles de glace se développer sous mes yeux !

Enfin, les observations ci-dessus sur le volume des eaux de l'Aar, nous ont rendus attentifs à un phénomène qui avait été ignoré jusque là, savoir les changements que le torrent subi dans sa physionomie et dans son allure. Tel jour, il était très-agité; sa surface se couvrait de grosses vagues qui se succédaient sans interruption et lui donnaient un aspect très-tumultueux. Tel autre jour, son aspect était plus calme et ses ondes étaient rares et peu marquées. M. Dollfuss a même signalé des changements notables à de courts intervalles, de trois heures en trois heures. Jusqu'ici il nous a été impossible de nous rendre compte de ces variations.

Observations sur la cristallisation de la neige.

Les occasions d'étudier les formes diverses de la neige au moment de sa chute, ne nous ont pas

manqué cette année. Je dois faire l'aveu toutefois que c'était un pis aller, auquel nous n'avions recours que lorsque toute autre observation était impossible. Cette fois encore nous avons pu constater la plus grande variété dans les formes des cristaux. Ces variations ne sont nullement accidentelles, mais elles dépendent évidemment des conditions météorologiques générales. Ainsi, la neige à gros flocons ne tombe guère que par un temps calme et souvent par une température de plusieurs degrés au-dessus de 0°. Mais il suffit qu'un vent froid s'élève pour qu'à l'instant elle change de forme; elle devient alors fine, poudreuse, ou plus ou moins grenue (1); et les grains en se combinant entre eux, occasionnent toutes sortes de figures très-élégantes. J'ai reconnu dans le nombre plusieurs des formes que Scoresby a observées dans les neiges polaires, ainsi que d'autres qui se trouvent figurées dans un ouvrage récent de M. Schuhmacher sur la cristallisation de l'eau. Pour pouvoir les étudier et les dessiner à notre aise, nous préparions des mélanges frigorifiques avec de la neige et du sel, sur lesquels on recevait les flocons à mesure qu'il en tombait de nouveaux. Le froid que ces mélanges développaient permettait de les transporter dans la cabane où ils se conservaient assez longtemps pour pouvoir être examinés à loisir. Les formes les plus intéressantes étaient des étoiles à six rayons, qui

(1) J'ai dit ailleurs que ces grains n'ont rien de commun avec les grains de névé, qui sont de formation ultérieure. Voy. *Excursions*, etc., p. 515.

présentaient une multitude de variétés, suivant que les rayons étaient plus ou moins grêles. Il y en avait qui étaient si échancrées, que l'on eut dit que l'étoile était composée de trois fins cylindres posés en croix (Pl. III fig. 4^a); d'autres l'étaient un peu moins, à-peu-près jusqu'au quart du diamètre (fig. 4^b et 4^c), et d'autres encore l'étaient si peu que leur bord était à peine lobé (fig. 4^d). Je crus remarquer que les étoiles à rayons très-grêles étaient d'autant plus nombreux que la température était plus basse. Il en tomba un grand nombre le 14 août pendant la tourmente. Nous remarquâmes aussi de petits cônes (fig. 4e), ainsi que des paillettes triangulaires (fig. 4^f), en très-grand nombre. Néanmoins il me semble difficile, si non impossible, de tracer une limite tranchée entre ces différentes espèces de neige grenue et la neige à gros flocons. Aussi voit-on souvent, dans les mêmes dépôts, la neige grenue alterner avec la neige floconneuse. Il paraît que la forme n'exerce aucune influence sur les changements ultérieurs que la neige subit, et que l'une et l'autre se transforme en névé. Il m'est agréable d'ajouter que sous ce rapport nos observations concordent à-peu-près en tous points avec celles que M. C. Nicolet a faites sur une plus grande échelle à la Chaux-de-Fonds, pendant l'hiver de 1843.

—

INTÉRIEUR DU PAVILLON.

On a vu par le récit des expériences qui précèdent, que pendant plusieurs semaines le temps fut très-inconstant au glacier de l'Aar; la pluie, le brouillard, la neige, le vent et la tourmente semblaient s'être coalisés pour nous contrarier, à tel point que du 10 au 20 août, nous n'eûmes pas deux beaux jours consécutifs. Nous nous vîmes ainsi forcés d'abandonner, l'un après l'autre, tous nos projets de courses dans les montagnes et les glaciers environnants. Si, quelquefois, séduits par l'attrait d'une belle matinée, nous nous hazardions à quitter notre cabane, pour explorer quelque point du vaste bassin de l'Aar, les brouillards ne tardaient pas à s'accumuler dans la direction du Grimsel. Poussées par le mauvais vent, qui est ici le vent d'est, leurs grosses vagues remontaient avec une étonnante rapidité la vallée de l'Aar, et nous envahissaient avant que nous eussions le temps de regagner le gîte, où nous rentrions ordinairement tout trempés. Heureusement le bois ne manquait pas; le genévrier, le seul arbuste qui traîne ses souches tortueuses jusqu'à ces hauteurs, était très-abondant aux environs du Pavillon, ce qui nous dispensait d'aller chercher notre combustible au loin, comme nous avions dû le faire, lorsque nous habitions l'Hôtel des Neuchâtelois.

Assis autour du feu qui brûlait continuellement dans l'âtre de notre cabane, nous passions de lon-

gues heures à discuter les mille causes des phénomènes du glacier, en attendant que l'averse ou la tourmente fussent passées. La nécessité rend ingénieux, et comme on ne pouvait faire la moindre petite course sans avoir au moins les pieds mouillés, nous avions imaginé un moyen très-efficace de sécher nos chaussures. Ce moyen consistait à chauffer dans une casserole quelques poignées de sel, que l'on introduisait ensuite dans les souliers, et ce sel qui, par la chaleur, avait perdu toutes ses parties aqueuses, absorbait l'humidité avec une telle avidité, qu'il suffisait de répéter une ou deux fois l'opération pour rendre les chaussures parfaitement sèches. C'est un procédé que je recommande à tous ceux qui pourront être appelés à séjourner dans les hautes montagnes.

Quant à notre cabane, elle eut à subir de rudes assauts dès l'entrée de la campagne; mais comme elle avait résisté avec succès aux plus violentes attaques de la tourmente, nous pouvions nous croire à l'abri de tout danger. Un soir cependant nous eûmes quelque crainte. La journée avait été brumeuse, lorsque vers le soir le vent du nord commença à souffler avec une extrême violence, lançant dans l'air des tourbillons d'une neige fine et sèche qui pénétrait pas tous les interstices des murs. Ne pouvant entretenir le feu nous cherchâmes un refuge contre le froid sous les couvertures de notre lit. En pareille circonstance il faut savoir se résigner en attendant mieux; et je puis dire sans ostentation que cette vertu qu'on dit si difficile, nous était devenue cette année assez familière par la pratique.

J'aime encore à me représenter l'impassibilité avec laquelle mon compagnon de lit recevait les tourbillons de neige et de fin sable, que le vent nous lançait de temps en temps à la figure à travers les fentes de la muraille. Comme il arrive ordinairement, la tourmente se calma un peu vers les huit heures du soir. Mais c'était pour recommencer de plus belle pendant la nuit. A minuit nous fûmes réveillés par les craquements des planches du toit. Une catastrophe semblait imminente. Sans rien dire, nous faisions par devers nous quelques sérieuses réflexions sur notre fâcheuse position, lorsque nous fûmes témoins du colloque suivant entre deux de nos guides qui couchaient à côté de nous sur le foin, colloque que je regrette de ne pouvoir reproduire dans l'original, avec son caractère naïf.

Le premier. Hans, écoute.

Le second. Que veux-tu?

Le premier. Je crois que le Gux (1) va nous emporter.

Le second. Je le crois aussi. Que faut-il faire?

Le premier. Je crois qu'il nous faut réveiller nos messieurs.

Le second. Je ne le pense pas. Car vois-tu, il en sera toujours temps, quand le toit n'y sera plus.

Le premier. Eh bien, je crois que tu as raison. Il nous faut attendre et les laisser dormir tranquillement.

(1) Prononcez *Gouks*. C'est ainsi que les montagnards appellent la tourmente, qu'ils personnifient souvent et dont ils font un génie malfaisant.

A ce propos, mon ami Dollfuss s'élance d'un bond hors du lit. «Par cinq cents d.... ceci est trop fort, s'écrie-t-il. Et vous vous imaginiez que nous allions attendre, pour nous réveiller, que le Gux nous emportât avec la cabane dans une crevasse?» Il se dirigea ensuite vers la porte, sans doute pour inspecter à la faveur de la clarté de la nuit, l'état de la toiture, mais ne pouvant résister à la violence du vent, il revint tranquillement se remettre au lit, attendant qu'il plût à la tourmente de s'apaiser, ce qui arriva en effet, vers les 4 heures du matin.

Un autre inconvénient du séjour de cette année, consistait dans la grande quantité de neige d'hiver qui recouvrait le glacier; elle n'avait fondu que sur une petite portion de sa surface, ce qui nous ôtait l'espoir de pouvoir faire des recherches sur la structure du névé et sur les phénomènes de stratification dans les régions supérieures. A part les mesures de mouvement, qui étaient indépendantes de l'état de la surface, nous dûmes restreindre nos expériences aux régions voisines du Pavillon. C'était, comme on l'a vu ci-dessus, sur le bord du glacier, au pied même du Pavillon, qu'était le principal théâtre de nos recherches. C'était là qu'étaient les appareils destinés à observer le mouvement, l'ablation, la contraction, les variations de température, etc. On y arrivait par un chemin excessivement escarpé, qui faisait le désespoir de nos visiteurs, et qui était en effet assez difficile, surtout lorsque l'herbe était mouillée. Il y en avait un second plus direct et plus raide encore, que nous appelions le *modé-*

rateur, et par lequel on faisait descendre les touristes qui arrivaient au Pavillon avec une opinion exagérée de leur adresse. C'était un remède infaillible contre la présomption ambulatoire.

Lorsque le mauvais temps ou nos occupations nous tenaient confinés dans notre cabane, nos gens profitaient de leur loisir pour orner et embellir les abords du Pavillon. Ils mirent ainsi à découvert une foule de belles surfaces polies qui étaient cachées sous le gazon. Puis pour utiliser ce terreau, ils conçurent l'idée de construire un petit jardin auprès du Pavillon, qu'on entoura d'un mur sec pour le préserver des incursions des chèvres. On commença par y transplanter différentes fleurs qui prospérèrent à merveille, et bientôt le jardin fut le dada de tout le monde; personne ne faisait une course qu'il n'en rapportât quelque beau plant ou quelque vigoureuse touffe. L'utilitarisme s'en mêla aussi; notre cuisinier y planta de l'ail pour assaisonner la soupe, et il ne désespère pas d'y faire prospérer quelque jour de la salade et des radis, aussi bien qu'au Grimsel. Peut-être réussirait-on aussi à y cultiver certains arbres, entre autres des bouleaux et des mélèzes, dont il existe encore quelques troncs à l'issue du glacier.

Quoique les chutes de neige soient fréquentes à toutes les saisons, dans ces régions élevées, il est cependant rare que la neige d'été persiste longtemps; de jour elle fond d'ordinaire au moment de la chute, ou bien si la neige est tombée pendant la nuit, il suffit en général de quelques heures de soleil pour la faire disparaître jusque sur les plus

hauts sommets. Il n'en fut pas tout-à-fait de même cette année. Un jour, entre autres (le 15 août), la neige tomba en si grande quantité aux environs du Pavillon, qu'avant le soir il y en avait une couche de 20 centimètres d'épaisseur sur le toit de notre cabane, et de 35 centimètres sur le glacier. Il neigea ce jour-là jusqu'à la Handeck et même plus bas. Pendant la nuit, il y eut une assez forte tourmente, qui fut remplacée, le lendemain matin, par de nouvelles chutes de neige. Dans la crainte que le porteur de vivres qui devait arriver ce jour-là, ne nous fît défaut, nous envoyâmes plusieurs de nos gens à sa rencontre. Nous espérions encore le beau pour 11 heures ou midi, époque à laquelle le temps se décide ordinairement pour la journée. Mais midi se passa sans que rien fût changé. Il semblait au contraire que le temps allait en empirant, et quand vers deux heures nos gens n'étaient pas rentrés, l'inquiétude commença à nous gagner. Nous tînmes conseil avec les quelques hommes qui étaient restés, pour savoir ce qu'il y avait à faire. Les opinions furent très-partagées; les uns voulaient s'en retourner sur-le-champ et aller attendre le retour du beau temps au Grimsel, les autres proposaient de renvoyer au lendemain; ils estimaient que cela aurait mauvaise façon de fuir ainsi devant un peu de neige, et puis que dirait-on de nous au Grimsel, quand on nous verrait arriver ainsi à la débandade! Néanmoins l'opinion des premiers l'emporta, lorsque le cuisinier (qui était à la fois femme-de-chambre et majordome) nous annonça que les provisions allaient manquer,

si les porteurs n'arrivaient pas. Du pain, il n'y en avait plus, non plus que du lait; il ne restait pour toute provision qu'une demi-marmotte. L'argument était sans réplique. Il est difficile d'être persévérant quand on n'a rien à manger. D'ailleurs nos chèvres étaient à jeun depuis vingt-quatre heures; elles ne pouvaient rester plus longtemps au milieu de la neige sans courir le risque de périr, et comme nous ne pouvions raisonnablement compter sur le retour de nos gens par le temps qu'il faisait, il fut décidé que l'on commencerait la retraite. Il était trois heures de l'après-midi quand nous nous mîmes en route. La neige avait 35 centimètres d'épaisseur sur le toit du Pavillon, et 60 cent. sur le glacier. Nous nous enveloppâmes le mieux que nous pûmes dans nos manteaux, et prenant le chemin du Grimsel, nous abandonnâmes notre cabane au gré de la tourmente, comme MM. Bravais et Martins firent de leur tente au Grand-Plateau, à-peu-près à la même époque. Je ne cacherai pas que cette retraite fût accompagnée de quelques dangers dans la région des crevasses, et il est probable que si nous avions eu une connaissance moins exacte de la topographie de notre glacier, nous eussions eu à déplorer quelque accident au milieu du brouillard épais qui nous entourait. Les chèvres surtout nous causaient beaucoup d'embarras. Autant ces animaux sont téméraires au milieu des rochers, autant ils sont craintifs sur le glacier, à tel point que nous fûmes plusieurs fois dans le cas de les porter par dessus des crevasses qui n'avaient qu'un pied ou un pied et demi de largeur. Les moutons, quoique

bien moins intelligents que les chèvres, s'en tirent beaucoup mieux. Aussi personne ne s'inquiète d'eux, car on sait qu'ils ont l'habitude de gratter la neige pour arriver à l'herbe, ce que les chèvres ne font jamais; d'un autre côté, leur épaisse fourrure les protége beaucoup mieux contre le froid.

Il était nuit quand nous arrivâmes au Grimsel, et il neigeait et pleuvait encore. Nous étions transis. En pareille circonstance, mais seulement alors, un verre d'eau-de-vie avalé au moment où l'on arrive est d'un effet salutaire, de même qu'un souper agréablement servi devant un bon feu peut compter parmi les jouissances réelles. La bourrasque ne se calma que bien avant dans la nuit; et quand nous nous réveillâmes le lendemain matin, le plus beau ciel avait fait place à la tourmente de la veille, ce que voyant, nous reprîmes sans tarder le chemin du glacier. Heureusement pour M. Zybach, la neige fondit rapidement et en grande partie le même jour, aux environs du Grimsel et sur les pentes tournées au midi, ce qui le dispensa de faire conduire son bétail dans les basses vallées. La fonte fut moins rapide sur le glacier; la neige se maintint plusieurs jours aux environs du Pavillon, et dans les régions supérieures du glacier, elle n'avait pas même entièrement disparu lors de notre départ. Nous n'en continuâmes pas moins nos expériences sur le mouvement du glacier, sur la densité de la glace et de la neige, et même sur l'ablation dans les endroits où le glacier était dégagé.

Ce fut en me rendant au glacier de Trift postérieur, pour y établir une station d'observation sur

le mouvement de ce glacier, que je passai pour la première fois cette année devant l'ancien Hôtel des Neuchâtelois. J'avais hâte de revoir ce lieu où nous avions trouvé autrefois un abri contre le mauvais temps. Il m'avait semblé en l'apercevant de loin, au milieu de la moraine, qu'il était moins élevé que les autres années. Qu'on juge de ma stupéfaction, lorsqu'en approchant du bloc, je vis qu'il s'était partagé en deux morceaux ! Je reculai d'épouvante, à la pensée que nous avions passé des mois entiers, dans une trompeuse sécurité, sous ce toit perfide. La séparation s'était faite par le milieu, sans doute le long de l'une de ces fentes qui laissaient filtrer l'eau en 1841, lorsque la pluie ou la neige étaient abondantes. L'angle saillant tourné vers l'Abschwung, qui servait de toit à notre gîte, s'était écroulé et avait écrasé le mur qui fermait l'enceinte du côté du midi. L'eau en se congelant dans une fissure avait probablement élargi la fente et amené ainsi la dislocation.

Peut-être cette circonstance servira-t-elle à résoudre une question encore controversée, relativement aux blocs erratiques. On sait qu'une quantité de blocs erratiques, tant dans la plaine que sur les flancs du Jura, sont fendus par le milieu. D'après l'opinion qui attribue leur transport à de grands courants, ces fentes seraient le résultat du choc qu'ils auraient subi en venant s'abattre sur les points qu'ils occupent. Mais qui ne voit que si telle avait été la cause de ces brisures, les fragments auraient roulé au large et ne seraient pas restés l'un près de l'autre? Par la même raison l'opinion de

M. de Charpentier qui veut qu'ils se soient brisés en tombant du glacier nous paraît inadmissible. Il est bien plus probable qu'elles sont le résultat d'une force agissant lentement, comme la gelée par exemple. Et comme le transport par les glaciers se fait d'une manière lente et sans secousses, rien n'empêche d'admettre que les blocs fendus de la plaine et du Jura l'étaient déjà lorsqu'ils gisaient sur le grand glacier diluvien qui les a transportés et déposés tels quels dans les lieux qu'ils occupent maintenant. Si les deux morceaux du bloc de l'Hôtel des Neuchâtelois qui aujourd'hui sont séparés par une fente d'un pied d'ouverture au plus, ne s'isolent pas dans leur marche vers l'issue du glacier, ce sera une forte présomption en faveur de l'explication que nous proposons.

Un autre accident du même genre me fournit l'occasion de réaliser un désir que je nourrissais depuis longtemps, celui de pénétrer sous le glacier. Un jour que nous étions occupés à nos expériences au pied du Pavillon, il arriva qu'une énorme saillie de rocher se détacha de la rive gauche, en un endroit où la roche était rendue moins compacte par la présence d'un filon de schiste au milieu du granit. La partie éboulée comprenant une surface de plusieurs cents mètres carrés et d'une épaisseur de 5 ou 6 mètres, tomba d'une hauteur de 8 mètres sur le glacier, et tout en faisant une large entaille dans la glace, elle se brisa elle-même en plusieurs énormes blocs, dont l'un disparut sous le glacier, tandis que l'autre resta suspendu sur la couche de boue, entre le glacier et le rocher. Il s'était ainsi

formé une ouverture de plusieurs mètres de largeur, à travers laquelle on voyait au fond d'un gouffre profond, le reflet verdâtre du glacier qui brillait d'un magnifique éclat. A peine y étions-nous descendus que nous entendîmes au-dessus de nos têtes un craquement sourd qui retentit comme un terrible avertissement à nos oreilles. Au même instant, et sans trop savoir comment cela se fit, nous nous trouvâmes tous à la surface. M. Dollfuss m'avoua alors que de sa vie il n'avait ressenti une pareille frayeur. C'en était assez pour une fois, disait-il, attendu que de pareilles émotions agissaient trop directement sur la sécrétion des reins. J'aurais pu de mon côté lui faire à-peu-près le même aveu. Le danger était en effet imminent. Une portion de l'éboulis qui était restée suspendue entre la glace et le rivage s'était affaissée, et sa chute nous aurait inévitablement entraînés au fond du gouffre. Nous commençâmes par conséquent par enlever au moyen de leviers, tout ce qui était mobile, et quand nous fûmes assurés qu'il n'y avait plus rien à craindre de ce côté, j'engageai non sans peine mon ami Dollfuss à me suivre une seconde fois dans le gouffre.

La couche de boue (1) avait été refoulée par la chute du rocher et formait maintenant un renfle-

(1) Cette couche existe partout entre la glace et le rocher. C'est elle qui agit comme émeri dans le striage et le polissage des rochers. Voyez *Excursions* etc., p. 9, 57 et 432. — M. Necker de Saussure, dans sa prétendue réfutation de la théorie de M. Agassiz, n'en élève pas moins des doutes sur l'existence de cette couche; il demande s'il y a effectivement des fragments de rocher épars entre

ment à pente moins raide sur lequel reposait le reste de l'éboulis. Nous descendîmes avec toutes les précautions nécessaires, et nous tenant aussi près du rocher que possible, nous gagnâmes ainsi le renflement de la couche de boue. Il n'y avait que quelques endroits où l'on pouvait se tenir debout. Dans le toit formé par le glacier, était empâtés des cailloux et des galets de toutes les dimensions, depuis la grosseur d'une noix jusqu'à un diamètre de plusieurs pieds; aucun ne faisait saillie, mais tous étaient à fleur du toit, comme si on les avait introduits dans la glace en les serrant au moyen d'un corps à surface unie. La glace elle-même était fort peu bulleuse et très-bleue, à l'exception d'une couche de glace terne et blanche de 4 à 5 mètres d'épaisseur, évidemment du névé transformé en glace sur les lieux. Je remarquai que les pierres étaient plus nombreuses dans cette glace que dans l'autre. Sans être gelées, elles étaient cependant si bien moulées que la plupart étaient immobiles, et quelqu'effrayant que fût leur aspect, lorsqu'elles étaient à moitié détachées, je doute qu'en pénétrant sous le glacier on eût beaucoup à craindre de ce côté-là. Le glacier était appuyé à droite et à gauche sur des renflements du rivage, des sortes de petits promon-

le glacier et le fond sur lequel il repose; et il ajoute dédaigneusement, que «s'il en existe il eut été bon de les faire connaître». Une pareille objection à lieu d'étonner de la part d'un naturaliste qui s'annonce comme le continuateur de Saussure. Pour toute réponse, nous demanderons à M. Necker de nous citer un seul glacier où cette couche n'existe pas.

toires arrondis, et ce qui mérite surtout d'être remarqué, la glace, loin de se fléchir pour combler l'espace entre les deux promontoires (comme le ferait tout corps plus ou moins fluide), s'étendait au contraire par dessus en décrivant un arc surbaissé de l'un des promontoires à l'autre. Entre la glace et le rocher était interposée une couche de gravier de quelques centimètres d'épaisseur qui, après avoir passé par dessus le premier promontoire se détachait sous la forme d'écailles du toit de la caverne. Ces lambeaux écailleux, portaient les traces d'une forte pression. La glace du toit de la caverne montrait en outre de larges cannelures, qu'on poursuivait des yeux à une grande profondeur et qui donnaient à ces parois brillantes un aspect tout particulier. Il était évident que ces cannelures n'étaient autre chose que les empreintes des inégalités de la roche sur laquelle la glace avait passé; et ceci confirme ce que nous avons démontré antérieurement, c'est que la glace du glacier tout en étant très-dure, jouit néanmoins d'une certaine plasticité. Elle se comporte à cet égard comme ferait un métal malléable, qu'on serrerait contre un corps plus rigide. Mais peut-on raisonnablement conclure de là, comme le voudraient quelques personnes imbues d'idées préconçues, que la glace est un corps semi-fluide?

Cependant l'intérieur du gouffre sous-glaciaire nous avait trop vivement frappés pour que nous dussions nous borner à cette première visite. Qui ne sait que les grands spectacles ont un charme d'autant plus irrésistible qu'ils sont accompagnés d'un peu de danger réel ou imaginaire! Que serait-

ce, me dit mon compagnon de voyage, si nous y descendions de nuit avec des flambeaux. Je trouvai l'idée d'autant plus heureuse, que le glacier étant gelé, nous ne devions rien avoir à craindre des éboulements. La proposition fut examinée, discutée et adoptée sans opposition. Le soir du même jour fut fixé pour l'expérience. Nous quittâmes le Pavillon à 9 heures, nous acheminant vers le glacier et emportant, à défaut de flambeaux, un flacon d'eau de Cologne qu'on devait allumer dans une jatte. Par une exception assez rare, la surface du glacier n'était pas encore gelée à cette heure; le thermomètre marquait +1°. Mais ce qui nous frappa davantage, ce fut de trouver sous le glacier une température encore plus élevée (+2°), si bien que le toit de la caverne dégoutait de tous côtés. Nous n'en persistâmes pas moins dans notre projet. Le guide Bannholzer, le plus intrépide de la troupe, marchait en tête de la procession. Arrivés à l'entrée de la grotte, nous l'attachâmes par précaution à une longue corde, et sans hésiter, sans faire le moindre faux pas, il alla placer la jatte flamboyante sur une pierre au fond du gouffre. Nous descendîmes après lui, en nous appuyant les uns sur les autres. Ici ma plume s'arrête impuissante à peindre le spectacle qui s'offrit à nos regards émerveillés. Aussi bien, ce serait plutôt dans les contes des fées et des Titans, que dans le monde réel, qu'il faudrait aller chercher de faibles termes de comparaison. Je me bornerai à répéter avec mon ami Dollfuss: « Cela se voit; — cela ne se décrit pas. »

ASCENSION DU WETTERHORN.

J'avais formé par devers moi le projet de conduire quelque jour mon ami Dollfuss sur l'une des cîmes encore vierges de l'Oberland. Enthousiaste, comme je le savais des grandes scènes de la nature, je ne pouvais guère lui procurer une satisfaction plus vive et plus durable. Au commencement de notre séjour, il avait été plusieurs fois question du Wetterhorn, mais la persistance du mauvais temps nous l'avait complètement fait oublier. Cependant les canicules approchaient, et tous les indigènes, le papa Zybach en tête, nous prophétisaient le grand beau pour cette époque. Mes deux compagnons de voyage, MM. Dollfuss et Dupasquier, n'en allaient pas moins me quitter, ennuyés qu'ils étaient de vivre en été au milieu de la pluie, de la neige et du vent. Voyant que je ne réussissais pas à les retenir plus longtemps au Pavillon, je résolus de les accompagner au Grimsel pour y passer avec eux la dernière soirée au coin du feu de l'hospice. Nous partîmes le 26 à midi. Vers le soir déjà le ciel commença à s'éclaircir. On pouvait prévoir qu'il ferait beau le lendemain, et cela ne faisait qu'ajouter à mes regrets. Le lendemain 27, jour fixé pour le départ, m'étant levé de bonne heure — il n'est guère possible de faire la grasse matinée à l'hospice à cause du bruit des corridors, où il ne se fait pas un pas qui ne retentisse d'un bout de

l'édifice à l'autre, — mon premier soin fut de consulter le temps; et voilà qu'en effet la prophétie de mes montagnards s'accomplissait. Il n'y avait pas un nuage à l'horizon et l'air était d'un calme parfait, signe certain du beau temps. Le Wetterhorn me revint soudain alors à l'esprit. Comment n'aurais-je pas éprouvé le besoin de m'élever aussi haut que possible dans ce ciel bleu qui me souriait pour la première fois depuis longtemps. Je courus à la cellule de M. Dollfuss pour lui annoncer l'heureuse nouvelle et lui faire part de mon projet. Inutile de dire que j'échouai complètement. Un homme endormi ne comprend pas quand on lui parle Wetterhorn. D'ailleurs les malles étaient faites, les ordres de départ étaient donnés, on était attendu demain en tel endroit, après demain en tel autre. On aurait dû être rentré depuis longtemps; et puis l'on avait une fois dit *non*, et il n'y avait pas moyen d'en revenir. « Ce sont, sans doute, d'excellentes raisons, mon cher ami, mais encore on ne peut pas descendre dans la plaine par un temps pareil. Venez voir plutôt vous-même », et je l'attirai vers la fenêtre, bien convaincu que le ciel allait plaider la cause du Wetterhorn bien mieux que je n'aurais pu le faire. En effet, les objections tombèrent les unes après les autres devant ce beau ciel. On commença par capituler. « Voyons; combien de temps cela nous prendra-t-il. Si l'affaire pouvait se faire lestement, peut-être y aurait-il moyen de s'arranger, » et quand on vit qu'on n'y perdrait qu'un jour (puisque le Wetterhorn est en quelque sorte sur le chemin du glacier à Meyringen), on finit par se décider. M. Du-

pasquier, qui était avec nous depuis quelques jours, imita l'exemple de M. Dollfuss. Les malles furent dirigées, séance tenante, sur Meyringen, où ces messieurs devaient les retrouver à leur retour du Wetterhorn, et nous reprîmes avec tous nos gens le chemin du glacier.

Les Wetterhörner forment, comme tout le monde sait, l'aile droite de cette rangée de hautes sommités qui, vues de la plaine entre Berne et Neuchâtel, constituent ce qu'on est convenu d'appeler la chaîne des grandes Alpes bernoises. Orographiquement parlant, l'affinité entre les différents pics n'est pas aussi intime qu'on pourrait le supposer. Il y a longtemps que les études topographiques les plus générales nous ont appris que ces montagnes qui s'élèvent si raides au-dessus de la plaine, ne sont cependant pas des pics isolés, mais qu'intimement liés à d'autres reliefs moins saillants qui se prolongent derrière, ils n'en sont que les points culminants. Depuis lors, on est tombé dans l'erreur opposée; on a exagéré outre mesure ces rapports et ces liaisons. Les cartes nous ont représenté tout le système alpin comme des séries continues d'arêtes séparant des bassins complètement isolés. L'ascension de la Jungfrau nous avait déjà fourni l'occasion de rectifier à certains égards ces idées erronées, et des observations semblables avaient aussi été faites sur d'autres points avoisinants. Mais la région encore complétement neuve du Wetterhorn semblait surtout propre à jeter un grand jour sur cette question. L'année dernière, en escaladant le Tossenhorn, je m'étais aperçu que nos meilleures cartes représen-

taient le relief de cette contrée d'une manière fort inexacte, et j'avais conçu dès ce moment le projet de faire l'ascension de l'un ou de l'autre des trois pics qui constituent le massif des Wetterhörner, et que j'ai désignés sous les noms de Rosenhorn, de Mittelhorn et de Wetterhorn.

Comme du Grimsel il est impossible d'atteindre le Wetterhorn en un jour, nous décidâmes que nous irions coucher dans les chalets supérieurs du Hangendhorn, au bord du glacier de Gauli, où nous devions rencontrer l'un de nos anciens guides, André Aplanalp, que ses camarades supposaient versé dans la connaissance de ces localités. Pour gagner cette station, plusieurs chemins nous étaient ouverts. Nous pouvions descendre dans la vallée de Hasli jusqu'à Im-Grund, et remonter ensuite les vallées d'Urbach et de Gauli, ou bien remonter le glacier de l'Aar jusque près de son origine, traverser le col de Gauli et descendre aux chalets sur le flanc septentrional de l'Ewigschneehorn. Dans le premier cas, nous aurions dû descendre environ 1000 mètres, pour en remonter 1500; dans le second cas nous avions à monter 1500 mètres et à en descendre autant. Ce fut cette dernière route que nous choisîmes, comme étant la plus directe, et parce qu'elle était plus propre à nous préparer à la course que nous allions tenter[1]. Nous devions d'ailleurs proposer la partie à M. l'ingénieur Stengel qui était arrivé la veille au glacier, pour remplacer

[1] Voyez la carte Pl. I, où notre route est indiquée par une ligne pointée.

M. Wild que des travaux pressants avaient empêché d'être des nôtres cette année. C'était la première fois que M. Stengel visitait les Alpes, et quoiqu'il n'eût jamais fait d'ascension, il n'hésita pas un instant à nous accompagner. Les préparatifs du départ nous avaient cependant pris un temps précieux, à tel point que notre guide en chef, Jean Währen, successeur de Jacob Leuthold, en était à se demander s'il convenait encore de se mettre en route, l'heure étant très-avancée. Il trouvait que pour entreprendre des courses pareilles, il fallait s'y prendre de meilleure heure et il craignait, non sans raison, que la nuit nous surprît au milieu du glacier de Gauli. Et qui pouvait nous garantir qu'il ne serait pas très-difficile ! Mais ses représentations ne furent pas écoutées; nous partîmes à deux heures de l'après-midi de l'ancien Hôtel des Neuchâtelois, accompagnés de six guides, en grande partie les mêmes qui nous avaient conduit les années précédentes à la Jungfrau et au Schreckhorn.

La montée de l'Ewigschneehorn s'effectua en moins de temps que nous ne l'avions espéré. A cinq heures, nous étions au sommet du col, où nous pûmes prendre un avant-goût du spectacle qui nous attendait plus haut [1]. Le soleil venait de quitter les champs de neige supérieurs de Gauli, situés au bord de l'arête, et déjà sa neige commençait à se durcir à sa surface, ce qui nous ôtait la perspective de franchir ces belles pentes éblouis-

[1] J'ai décrit ailleurs la vue de cette montagne qui s'élève à 3,500 mètres. Voy. *Excursions*, p. 332.

santes en glissant sur le bâton. Ce fut pour moi une amère déception. Après avoir vainement essayé de toutes les manières de glisser, debout, assis, couchés sur le dos, couchés sur le flanc, nous allions nous résoudre à faire ce chemin pas à pas, lorsqu'un des guides eut l'idée qu'on pourrait bien employer l'échelle en guise de traineau. On fit un petit essai qui réussit à merveille, ce que voyant nous nous juchâmes tous sur l'échelle. Un guide se plaça à l'avant, deux autres à l'arrière, faisant l'office de timonier. Le drapeau fut planté au milieu, et nous filâmes ainsi avec la rapidité de l'éclair sur cette locomotive improvisée. A l'approche d'une crevasse, tous les bâtons se plantaient dans la neige, et le train s'arrêtait presqu'instantanément; mais nous reconnûmes bientôt que cette précaution était inutile, puisque l'échelle était assez longue et sa marche assez accélérée pour filer par dessus les crevasses. De cette manière nous descendîmes d'un trait jusqu'à la limite du névé, franchissant en dix minutes une distance qui nous aurait pris plus de deux heures si nous avions été obligés de cheminer à pied. Grâce à cette innovation, nous arrivâmes de jour sur la rive du glacier.

Nous avions aperçu de loin du bétail sur les hauteurs du Hangendhorn, et nous nous réjouissions déjà de trouver les chalets habités; mais cette illusion s'évanouit bientôt, quand personne ne répondit à nos cris. Nous trouvâmes en effet toutes les huttes vides; les pâtres avaient dû quitter quelques jours auparavant. Heureusement ils avaient laissé dans l'un des chalets, une petite provision de bois;

et dans un autre quelques poignées de foin sur la litière. Nous nous installâmes dans celle des huttes qui nous parut la moins délabrée. Nos guides se rendirent en toute hâte aux chalets inférieurs situés près de l'issue du glacier, dans l'espoir d'y trouver quelqu'un. Pendant ce temps, nous réussîmes à préparer une soupe avec quelques ingrédiens dont nous avions eu soin de nous munir. Nos gens arrivèrent bientôt après chargés de quelques boilles de lait et de crême. Ils allumèrent un grand feu au milieu de la cabane, et tout en prenant leur laitage, ils se mirent à chanter, avec le même entrain que s'ils avaient été inspirés par une liqueur spiritueuse, quelques airs nationaux, dont je voudrais pouvoir reproduire la touchante naïveté. Ils nous quittèrent ensuite pour aller coucher avec les pâtres dans les chalets inférieurs. La nuit se passa moins bien que nous ne l'avions espéré. Quand le feu fut éteint, le froid commença à se faire sentir, et comme nous n'avions emporté que deux minces couvertures, nous n'étions pas trop à notre aise dans cette cabane où le vent avait libre accès de tous côtés. Après minuit MM. Dollfuss et Dupasquier se levèrent pour rallumer le feu, ce qui ne réussit qu'après de longues tentatives. Quand on a bien froid, on n'est guère disposé à ménager le bois. Aussi firent-ils si bien, qu'ils mirent le feu au toit. Par bonheur ils s'en aperçurent presqu'aussitôt, et nous parvînmes à l'éteindre à temps, ensorte que ce petit accident qui eut pu jeter la consternation dans la contrée, n'eût d'autre conséquence que d'alimenter notre bonne humeur. Le crépuscule parut dans ces entre-

faites. Nos guides ne se firent pas attendre. Ils vinrent en jolant nous souhaiter le bon jour et paraissaient fiers d'avance du succès qui nous attendait, car le ciel était aussi beau que la veille, et comme il avait fait très-froid, il y avait tout espoir que la neige conserverait longtemps sa dureté. On prépara à la hâte un peu de lait chaud et nous partîmes (1).

Entre la vallée de Gauli et le glacier de Renfen, est interposé le massif connu sous le nom de Hangendhorn, autour duquel le glacier de Gauli se coude pour prendre sa direction au nord-est vers le Ritzlihorn. Ce massif, dont le point culminant s'élève à 3000 mètres au moins, est gazonné sur tout son flanc méridional et oriental, et le bétail y trouve pendant plusieurs mois de l'année une pâture abondante, lorsqu'il n'en est pas chassé par des neiges d'été, comme ce fut le cas cette année. Il n'y a que le revers occidental et septentrional qui soit complètement aride près du sommet. C'est là aussi que se trouve le petit glacier connu sous le nom de Hangendgletscher dont on découvre l'extrémité depuis Im-Grund.

Noûs contournâmes l'angle du Hangendhorn pour nous diriger vers la région supérieure du glacier de Gauli, en suivant un petit sentier qui longe le glacier. Ce qui m'intéressait spécialement en cet endroit c'était la limite supérieure des roches polies,

(1) Le même jour, le 28 août, MM. Martins, Bravais et Lepileur s'acheminaient pour la troisième fois vers la cime du Mont-Blanc, où leur persévérance allait enfin obtenir un succès mérité.

qui est des plus distinctes, tout le long du massif, quoique la roche soit du gneiss. Aux chalets mêmes, elle est d'environ 300 mètres au-dessus du glacier. A l'endroit où le glacier se coude, elle a déjà diminué notablement, et enfin on la voit se perdre à une lieue plus haut sous le névé, en face du Berglistock. Son inclinaison m'a paru en somme plus forte qu'au glacier de l'Aar ([1]). Au reste les roches polies présentent ici le même caractère que partout ailleurs. Les plus rapprochées du niveau actuel du glacier sont les plus parfaites, et en même temps celles qui ont les stries et les sillons les plus distincts. Celles qui s'aperçoivent à une grande hauteur au-dessus du glacier sont rarement bien conservées, et la plupart ne sont reconnaissables qu'à leur contour et à une sorte de terrasse plus ou moins continue qui marque leur limite. Au-dessus de cette terrasse les pics sont tous dentelés et profondément délités. Les chalets de Gauli sont construits sur des mamelons polis, dont plusieurs ressemblent à d'immenses bastions en dos d'âne, comme on en voit à l'issue du glacier de l'Aar et en plusieurs autres endroits.

La neige fraîche qui recouvrait le glacier dans presque toute son étendue m'empêcha d'en étudier la stratification. Les crevasses et les moraines étaient seules visibles. Ces dernières d'une grande régularité et toutes fortement arquées de haut en

([1]) J'ai fait la même remarque dans d'autres vallées plus petites encore, entre autres dans le Bächlithal, derrière le Rœtherichsboden.

bas, surtout sur la rive gauche, me rappelèrent les crevasses de la Mer de glace près du Montanvert. En général tout paraît être très-régulier sur ce glacier. La moraine médiane, qui naît de la réunion du glacier de Gauli proprement dit, avec les névés qui descendent de l'Ewigschneehorn et du Hühnerthäli se comporte comme celle du glacier de l'Aar, c'est-à-dire que, d'abord très-étroite à son origine, elle va en s'élargissant insensiblement jusqu'à l'extrémité du glacier, sans que pour cela elle reçoive de nouveaux matériaux. Or ce fait, qui est la conséquence naturelle de la marche ralentie du glacier vers la région terminale, est une preuve évidente que ce glacier se meut d'après les mêmes lois que le glacier de l'Aar, c'est-à-dire plus lentement au bas du glacier qu'à l'origine de la moraine. Il résulte en effet des mesures trigonométriques qui se font toutes les années au glacier de l'Aar, que la vitesse du mouvement va en décroissant progressivement à partir de l'ancienne cabane Hugi, située à 2000^{m} environ de l'Abschwung. Or comme c'est aussi à partir de ce point que la moraine médiane commence à s'élargir et qu'elle se dilate dans les mêmes proportions que le glacier se ralentit, il est évident qu'il y a corrélation entre les deux phénomènes et que l'un doit être la conséquence de l'autre. Qu'on veuille bien me permettre, pour expliquer cette conséquence, d'employer un exemple un peu trivial. Supposez un morceau d'argile placé sur un plan incliné et recouvert au milieu de sa surface d'une triple et quadruple rangée de cailloux serrés les uns contre les

autres, de manière à ce qu'ils se touchent tous. Supposez qu'en haut le morceau d'argile se meuve de 3 centimètres en douze heures et en bas seulement de 1 centimètre; il en résultera, comme première conséquence, que la partie inférieure ou terminale se comprimera, et en second lieu, que les cailloux de la surface ne pouvant plus se maintenir dans leur position primitive, se déplaceront et gagneront en largeur l'espace qu'ils auront perdu en longueur par l'effet du mouvement ralenti. La même chose se passe dans les moraines des glaciers. Si je reviens sur ces particularités à l'occasion de la moraine de Gauli, c'est parce qu'on a objecté que cette disposition pourrait bien n'être qu'une exception propre au glacier de l'Aar.

La moraine médiane de Gauli n'occupe pas, comme celle du glacier de l'Aar, exactement le milieu du glacier, mais est plus près de la rive droite. C'est une conséquence naturelle de l'inégalité des deux affluents, dont l'un, le glacier de Gauli, par cela même qu'il est beaucoup plus large que les autres réunis, doit aussi occuper plus d'espace dans le lit commun. Or comme la moraine médiane indique le contact primitif, il s'en suit qu'elle doit être refoulée du côté de l'affluent le plus faible. Quant à sa composition, elle est un mélange de gneiss et de granit, le premier lui est amené par le glacier de Gauli, le second par celui de Hühnerthäli.

Nous suivîmes pendant près de deux heures le petit sentier qui serpente sur les flancs du Hangendhorn. J'étais surtout frappé du contraste ex-

trême qui règne ici entre les versants suivant leur position vis-à-vis du soleil. Tandis que les flancs du Hangendhorn sont, comme le revers méridional du Mieselen, du côté du glacier de l'Aar, gazonnés jusqu'à une hauteur de 3000 mètres à-peu-près, le versant septentrional du Mieselen, du côté du glacier de Gauli, est d'une aridité absolue. On dirait un immense rempart de neige s'étendant en amphithéâtre depuis le Hühnerthælistock jusqu'à l'Ankenballen, et sur cette rampe colossale on ne découvre pas la moindre surface verdoyante; c'est à peine si quelques aiguilles rocheuses parviennent à percer çà et là l'enveloppe neigeuse.

Nous quittâmes les flancs du Hangendhorn, en face de l'Ewigschneehorn, pour passer sur le glacier de Gauli qui était tout couvert de neige. Si la neige fraîche est un inconvénient pour le naturaliste qui aime à glaner quelques observations en passant, il faut convenir qu'elle peut aussi être, dans certaines circonstances, d'un grand avantage pour le marcheur, surtout si elle est gelée. Qui ne sait que c'est un véritable délice de cheminer sur ces surfaces unies, recouvertes d'une pellicule de glace qui s'affaisse légèrement sous vos pas, comme ferait du fin sable tassé. Aussi, quoique nous n'eussions aucune connaissance du chemin à suivre par de là le glacier de Gauli, personne n'était inquiet sur l'issue de la journée. A huit heures et demie nous avions atteint les premiers caveaux ou grandes crevasses des champs de neige, et telle était la sécurité que nous inspirait l'état de la neige, que nous traversions sans hésiter des ponts qui n'avaient que quel-

ques pieds d'épaisseur et que nous aurions nécessairement dû contourner si la neige avait été tant soit peu molle. Les caveaux étaient en partie comblés par la neige, mais ici, comme partout ailleurs, la stratification se voyait très-distinctement ; les couches étaient en général séparées par des bandes de glace terne (de la glace de névé) qui avaient en certains endroits jusqu'à 10 centimètres d'épaisseur; en d'autres endroits seulement quelques millimètres. D'énormes glaçons étaient suspendus aux parois de ces caveaux, et je remarquai qu'ils correspondaient en général aux bandes de glace, d'où je conclus que ces dernières font obstacle au passage de l'eau d'une couche à l'autre, sans toutefois empêcher complètement l'infiltration.

Nous fîmes une seconde halte dans le voisinage des premiers caveaux, au pied des pentes escarpées qui sont étagées au fond du cirque de Gauli et qui portent, chez les habitants de la vallée d'Urbach, le nom de Jagglisberg. J'estime la hauteur de ce point à 3000 mètres, car il est un peu au-dessus des dernières roches polies, qui, comme l'on sait, ne dépassent guère cette limite. Ici aussi nous ne rencontrâmes aucune difficulté, et mes compagnons de voyage, sans être en aucune façon habitués à ces sortes d'ascensions, montèrent sans hésiter des pentes qui, en plusieurs endroits, avaient 45° et même 50° d'inclinaison. Ce qui leur donna surtout de la confiance, ce fut de voir que le guide qui portait l'échelle et qui en ce moment était en tête de la colonne, ne songea pas même à se débarrasser de ce lourd fardeau pour nous frayer

la voie. Ce jour-là la neige avait justement le degré de mollesse désirable; on enfonçait à peu près d'un décimètre, ce qui donnait beaucoup d'assurance. Plus molle, elle aurait été fatigante; plus dure, on aurait pu glisser et rouler au bas de la pente. En arrivant au sommet, je fus fort surpris de voir devant moi, au lieu d'une arête telle que l'indiquent les cartes, un grand plateau de neige légèrement incliné au nord, et dont la pente que nous venions de gravir n'était que l'un des escarpements. A notre gauche, au sud, s'élevait une grande pyramide que je reconnus aussitôt pour la cime orientale des Wetterhörner, celle que j'ai désignée sous le nom de Rosenhorn, et que les gens du Hasli appellent aussi quelquefois leur Jungfrau, sans toutefois la confondre avec la véritable Jungfrau. Nos guides n'étaient point tous de cet avis. Ils ne pouvaient concevoir que nous fussions déjà si près du but, et il s'éleva à ce sujet une discussion qui n'aurait pas manqué de dégénérer en dispute si je n'avais eu soin d'intervenir. Comme cette cime orientale m'avait paru, l'année dernière, la plus élevée des trois, ce fut celle-là que nous choisîmes. La route que nous avions à suivre nous paraissait toute tracée. L'escarpement septentrional était trop rapide pour que nous eussions pu songer à monter de ce côté, mais le plateau sur lequel nous nous trouvions se prolongeait par une pente douce autour de la base orientale du pic, d'où il semblait se contourner à l'ouest.

Nous supposâmes, d'après la forme de la montagne, que son flanc méridional devait être d'un

abord assez facile, et nous nous acheminâmes en toute confiance dans cette direction. Mes compagnons de voyage, en voyant le sommet si rapproché, s'étaient imaginés qu'il ne nous restait que quelques pas à faire pour l'atteindre, et, dans leur ardeur, ils n'avaient pas même voulu se reposer au bord du plateau. Mais rien n'est plus trompeur, sous le rapport des distances, que les champs de neige. On peut même s'être habitué à apprécier les distances dans les glaciers et n'avoir aucune idée de ce qu'elles peuvent être dans ces hautes régions. Je n'eus garde cependant de les dissuader; c'eût été inutilement refroidir leur zèle et par là même diminuer leur force. D'ailleurs ils n'allaient que trop vite s'apercevoir de leur erreur. En effet, après avoir marché une demi-heure, on paraissait tout étonné de n'être pas encore arrivé; après une heure, on reconnaissait qu'on s'était singulièrement trompé, et quand après une heure et demie de marche, nous nous trouvâmes seulement au pied du pic, on trouvait que çà n'en finissait pas. Pendant tout ce trajet, je cherchai vainement la séparation que toutes nos cartes placent entre le glacier supérieur de Grindelwald et les glaciers de Rosenlaui et de Gauli. Nous étions toujours sur le même plateau de neige; seulement sa pente était un peu plus forte à l'est. Ce ne fut qu'au moment où nous allions nous trouver en face du Rosenhorn, que je vis surgir à l'horizon les cimes bien connues du Mönch, de l'Eiger et de la Jungfrau. Nous étions au sommet du plateau qui se continuait, à l'ouest, dans le glacier supérieur du Grindelwald. Le glacier de Grindel-

wald se confond par conséquent ici avec les glaciers de Rosenlaui et de Gauli qui descendent au nord et à l'est ; et le point de partage est si peu incliné, qu'on croirait que la masse entière des neiges hésite de quel côté elle prendra son cours. Le pic oriental s'élève droit au-dessus du point de partage, tandis que les deux autres sommets, le Mittelhorn et le Wetterhorn, envoient toute la somme des neiges qui tombe sur leur flanc méridional, au glacier de Grindelwald. Nous ne rencontrâmes pas de crevasses sur toute l'étendue du plateau que nous venions de parcourir, et nous n'en aperçûmes non plus aucune trace dans toute la partie supérieure qui descend à l'ouest. Il est possible qu'elles aient été en partie cachées par la neige fraîche qui était très-épaisse; mais dans ce cas, elles ne pouvaient pas être bien larges, car il aurait suffi du simple tassement de la neige pour les trahir. Je sondai tout exprès le point culminant du passage, mais ne rencontrai aucune excavation, d'où je conclus que, si les masses de neige qui sont ici accumulées sont déjà douées d'un mouvement descensionnel, ce mouvement doit être excessivement faible, car autrement il produiraitde larges solutions de continuité au point de partage.

Après nous être reposés un instant à l'abri du vent, derrière une arête de rocher, au pied même du pic, d'où la vue s'étend également à l'est et à l'ouest, nous continuâmes à monter le long d'un contrefort qui se prolonge jusqu'au sommet. A part la rapidité des pentes, nous ne rencontrâmes aucune difficulté, et M. Stengel fut le seul qui éprouva quelque peine à respirer; mais peut-être la fatigue

y avait-elle autant de part que l'air raréfié. Il était midi moins un quart, lorsque nous arrivâmes au sommet. J'avais voulu que mon ami, M. Dollfuss, fût le premier qui foulât aux pieds ce sommet encore vierge. Nous attendîmes par conséquent que tout le monde fût réuni, pour nous rendre en colonne serrée sur le point culminant, où M. Dollfuss, profondément ému, planta le drapeau rouge qui flotte encore au gré du vent. Nous étions ainsi arrivés au sommet de l'une des grandes cimes des Alpes, sans rencontrer aucune difficulté réelle et sans avoir recours à aucune des précautions que l'on prend ordinairement dans ces sortes de courses. Nous n'avions fait usage ni de corde, ni de hache, ni d'échelle. Je ne cacherai pas que ce succès, aussi complet qu'inattendu, fut dû en grande partie à la quantité de neige fraîche qui était tombée pendant le mois d'août et qui, en comblant les précipices et en recouvrant les crevasses de ponts passagers, nous avait aplani bien des difficultés. Aussi, de ce que nous avons si bien réussi cette année, il ne faudrait pas conclure qu'il en sera de même une autre année et que le Wetterhorn est par lui-même d'un accès très-facile. Il est tels endroits qui me paraissent au contraire devoir être d'un abord très-difficile, du moment qu'ils ne seraient plus recouverts de neige, entre autres, l'escarpement au fond du cirque de Gauli. Il serait dans tous les cas imprudent de s'y hasarder sans échelle.

Le sommet est couvert d'un épais manteau de neige persistante qui est en forme de coupole du côté du sud et qui surplombe du côté du nord. Le

rocher ne perce que çà et là, sous la forme d'arêtes disloquées et de dalles plus ou moins larges. Pour se faire une juste idée de la forme de ce pic, il faut se représenter un grand cône comprimé, qu'on aurait séparé verticalement en deux moitiés, dont l'une serait restée debout, tandis que l'autre aurait été enlevée. L'escarpement principal est, comme d'ordinaire, tourné au nord, ce qui n'empêche pas les pentes méridionales d'avoir aussi en certains endroits jusqu'à 40° d'inclinaison. Quoique le point culminant soit peu spacieux, il y a pourtant place pour une vingtaine de personnes.

Maintenant asseyons-nous un instant sur la neige pour contempler cette famille de pics gigantesques, ces champs de neige qui nous entourent de tous côtés; plus bas ces cols, notre orgueil jadis, lorsque nous faisions nos premières courses dans les Alpes, et enfin tout au fond, plongées dans une atmosphère vapeureuse et presque noire, ces charmantes vallées, dont nous aimerons à retrouver demain la verdure, quand nous serons redescendus de la région étincelante des frimas. Ici chacun des points cardinaux à son caractère particulier. Au nord, vous voyez à vos pieds le beau village de Meyringen avec son clocher blanc. Vous distinguez le cadran à l'œil nu et vous liriez même avec une bonne lunette l'heure que marque l'aiguille. Derrière, est le passage du Brunig avec le lac de Lungern, qui ne semble séparé de Meyringen que par un petit renflement du sol. A droite, un peu dans le lointain, vous découvrez les contours bien connus du Pilate et même la pyramide du Rigi.

Tournez-vous maintenant à l'est. Une immense quantité de sommets neigeux est étalée devant vous jusqu'aux confins de l'horizon. Là point de verdure, point de nappe d'eau, rien qui annonce la vie : c'est le règne des frimas dans toute sa grandeur et dans tout son éclat, tel qu'il s'étendait autrefois sur la surface entière de notre Europe. Les pics seuls sont visibles; les vallées disparaissent au milieu de ces grands reliefs qui se dressent comme autant d'énormes vagues les uns à côté des autres. Mais c'est du côté du midi que nos yeux aiment surtout à s'arrêter; car c'est là que se tiennent les princes des Alpes. Le Berglistock est le plus rapproché. Sa grande coupole de neige qui s'élève presqu'à notre hauteur, n'est séparée de nous que par le plateau que nous venons de franchir. A côté de lui, de l'autre côté du col du Lauteraar, est le Schreckhorn avec sa redoutable arête. Il a l'air plus sévère que jamais, et l'on dirait presque qu'il a regret de nous avoir jadis permis l'accès de son sommet. Le Finsteraarhorn ne nous montre que son extrême sommet, au-dessus d'une entaille du Lauteraarhorn, comme pour nous rappeler sa prééminence sur tous les autres. Vient ensuite la longue arête du Viescher-Grat avec les deux Viescherhorner, tous deux couverts de neige jusqu'à leur sommet, et dont l'un, le plus large, est visible du Grimsel. Le Mönch, qui fait partie de la même arête, est bien plus colossal; mais malgré cela il n'a rien d'altier dans son allure. Il a l'air de regarder d'un œil serein sur cette plaine qu'il domine au loin. L'Eiger, quoique sensiblement moins haut, est beaucoup plus

rapide, plus refrogné et difficilement abordable, semblable à ces ambitieux qui ne peuvent supporter que d'autres occupent une position plus élevée qu'eux. Derrière le Mönch se cache une arête très-élevée, ne laissant apercevoir que son sommet. Quoique de peu d'apparence, c'est pourtant celle qui m'intéresse le plus, car c'est la Jungfrau. Il y a trois ans, jour pour jour, j'étais à son sommet à côté de mon ami Agassiz (le 28 août 1841). Il faisait un beau soleil, comme aujourd'hui, et je jouissais pour la première fois du bonheur de contempler un paronama des Alpes de haut en bas. Voilà en effet, la pente de glace par laquelle nous sommes montés, et où nous avons plus d'une fois hésité si nous continuerions ou non. Voilà aussi le col du Rottthal, le plus haut de tous les cols de la Suisse, au-dessus duquel commence la montée rapide. Alors les impressions que je ressentais étaient plus fortes, plus vives, aujourd'hui elles sont plus calmes sans doute, mais elles ne seront pas moins durables. A l'ouest, au pied de ces colosses, est la Wengern-Alp avec sa croupe verdoyante; elle paraît si peu élevée qu'on doute d'abord que ce soit là ce passage qu'on dit être si fatigant. Un peu plus loin sont les montagnes qui bordent le lac de Thoune, et, si vous descendez quelques pas sur la pente méridionale, vous découvrirez le lac lui-même. La grande Scheideck et le Faulhorn sont cachées par les deux cimes antérieures des Wetterhörner, le Mittelhorn et le Wetterhorn; mais on s'en console facilement quand c'est un rideau de cette nature qui limite la vue. Le Mittelhorn et le Wetter-

horn sont en effet deux superbes pics, le premier au sommet arrondi, le second au sommet pointu, une véritable pyramide, semblable à celle du Niesen, mais plus colossale et plus élancée. La plaine est couverte de nuages et ce n'est que par intervalles que nous apercevons à l'horizon la longue et uniforme ligne du Jura.

Nous ne restâmes qu'un quart d'heure au sommet, car il faisait un vent d'ouest excessivement violent et très-froid, quoique le thermomètre ne descendit pas au-dessous de 1°. Dès que M. Stengel eut pris les angles de position des principales cimes environnantes, nous nous hâtâmes de regagner notre arête rocheuse pour jouir plus à notre aise du spectacle qui nous entourait. Là du moins nous n'avions pas à craindre que le vent nous renversât; nous avions d'ailleurs besoin de reprendre des forces, et ce fut à la santé de notre ami commun, M. le professeur Agassiz que nous vidâmes la dernière bouteille de vin qui nous restait.

Si nous jetons maintenant un coup-d'œil sur la position des Wetterhörner relativement aux massifs environnants, telle que nous l'avons représentée dans les cartes ci-jointes, nous verrons d'abord que le relief général de toute cette contrée va en augmentant d'est en ouest, ou mieux d'est-sud-est en ouest-nord-ouest, de manière que le point culminant, loin d'être placé au milieu de la coupe, se trouve reporté au bord oriental. Cette disposition qui ressort très-bien du profil de la ligne AB (Pl. II), n'est pas accidentelle; c'est un trait général de la configuration des Alpes bernoises. On obtiendrait

absolument le même profil en traçant d'autres lignes dans le même sens, par exemple de Münster à la Jungfrau ou de Viesch au Gletscherhorn. Or il n'est pas sans importance de faire remarquer que cette ligne est perpendiculaire à la direction des couches qui courent en général du sud-ouest-sud au nord-est-nord. Un second trait non moins général, c'est que les pentes les plus raides regardent la plaine du côté du nord et de l'ouest, comme si la force qui a soulevé ces masses s'était subitement affaissée au moment de sa plus grande énergie. Cette circonstance est d'autant plus importante à signaler, qu'elle détermine la fertilité relativement très-grande de nos Alpes. Si au lieu d'être au nord, les pentes raides étaient tournées au sud, il en résulterait que les pentes douces, les seules qui soient productives, seraient dans l'ombre, la neige y persisterait par conséquent bien plus longtemps; la zône des pâturages se trouverait notablement abaissée et le climat serait beaucoup plus froid.

Mais outre ces traits généraux qui sont communs à tout le massif des Alpes bernoises, la région des Wetterhörner se fait remarquer par la présence d'une grande surface horizontale, d'un véritable plateau à une hauteur où n'atteignent guère que les plus hauts pics. En effet, après avoir gravi les escarpements du Jagglisberg, nous avons rencontré à 3,500 mètres de hauteur, de vastes champs de neige légèrement inclinés au nord et s'étendant sur une espace d'au moins une lieue, dans la direction est-ouest, depuis l'Ankenballen, jusque derrière le Wellhorn, et c'est sur ce plateau que s'élèvent,

comme autant de pyramides, les trois cimes des Wetterhörner, le Rosenhorn, le Mittelhorn et le Wetterhorn proprement dit. Or, quelque imposants que nous paraissent ces pics, lorsque nous découvrons leurs sommets par dessus les chaînes inférieures, ils n'ont cependant par eux-mêmes qu'une importance bien accessoire, puisque le Rosenhorn s'élève à peine de 400 mètres au-dessus du plateau. Si malgré cela les Wetterhörner comptent parmi les géants des Alpes, c'est essentiellement à l'exhaussement de leur base qu'ils en sont redevables. Nulle part ailleurs cette disproportion entre le pic proprement dit et la base qui le porte n'est aussi sensible qu'ici. Ainsi nous voyons le Schreckhorn s'élever à 1200 mètres au-dessus du fond du névé du Finsteraar, et à 800^{m} environ au-dessus de la Strahleck dont la hauteur est de 3370^{m}; le Finsteraarhorn est à 1500^{m} au moins au-dessus du névé d'Oberaar dont j'évalue la hauteur à 3300^{m}; la Jungfrau s'élève à-peu-près d'autant au-dessus du névé d'Aletsch qui a également 3000 et quelques cents mètres.

Il résulte de là que le véritable soulèvement, celui qui a donné aux Alpes bernoises leur relief fondamental, loin de s'affaiblir de l'ouest à l'est, comme on pourrait être tenté de le croire, en ne tenant compte que des grands pics, a dû, au contraire, aller en augmentant dans cette direction, puisqu'en faisant abstraction des arêtes, c'est dans les environs des Wetterhörner que le soulèvement des masses arrive à son apogée.

La roche qui compose ce massif n'est pas la même sur toute l'étendue du plateau. Les deux pics orientaux, le Rosenhorn et le Mittelhorn, sont de gneiss; de ce même gneiss blanchâtre et très-feldspathique qui forme aussi le massif du Hangendhorn et du Tossenhorn, et qui par une foule de nuances passe au gneiss sombre et à pâte fine du glacier de l'Aar. Le Wetterhorn proprement dit est d'une composition toute différente; il est calcaire jusqu'à son sommet, ainsi que cela résulte de fragments rapportés de cette montagne par nos deux guides, M. Bannholzer et J. Jaun, qui en firent l'ascension deux jours plus tard. Ce n'est donc pas, comme je le croyais, sur le flanc occidental du Wetterhorn qu'il faut placer la limite du calcaire, mais entre cette cime et le Mittelhorn. Il est probable que plus à l'est le contact se trouve sous le glacier de Rosenlaui, du moins le Tossenhorn qui en forme la rive droite est-il gneissique, tandis que le Wellhorn sur la rive gauche est complètement calcaire. D'après cela, le Wetterhorn ferait partie de cette même ceinture calcaire à laquelle appartiennent aussi le Mettenberg et l'Eiger. Nous n'avons pu déchiffrer d'une manière certaine l'inclinaison des couches dans les pics mêmes des Wetterhörner, mais tout me fait croire qu'elle est verticale au Rosenhorn, ainsi qu'au Jagglisberg. Dans le gneiss du Tossenhorn, se trouve un lit de marbre qui est incliné d'environ 32° à l'est; les couches du Wellhorn en face m'ont paru à-peu-près horizontales. C'est d'après ces faits, combinés avec les observations de M. Escher sur les couches du Mettenberg, que j'ai

tracé la disposition des couches en éventail dans le profil AB de Pl. 2.

Quant à la nature du calcaire qui s'adosse ici contre le gneiss, il est difficile de dire à quel étage il appartient, par la raison qu'on n'y a encore, que je sache, trouvé aucun fossile déterminable, et que d'ailleurs il est plus ou moins altéré, comme la plupart des calcaires des Alpes. Ce que nous savons, c'est que c'est une roche très-homogène, à pâte fine, par conséquent, selon toute apparence, un dépôt pélagique ou de haute mer, M. Studer le rapporte à la formation jurassique si je ne me trompe. Je serais pour ma part plutôt tenté d'y voir le représentant de l'un des dépôts de la formation crétacée, par deux raisons : premièrement, parce que le calcaire des Engelhörner a beaucoup d'analogie avec le calcaire de Seven, qui, comme nous le verrons plus bas, représente dans les Alpes l'étage de la craie blanche, et en second lieu, parce qu'on trouve sur la route de Meyringen à Rosenlaui, adossé contre ce calcaire, un autre dépôt de calcaire moins homogène renfermant des Nummulites. Or les couches à Nummulites appartiennent jusqu'ici exclusivement aux étages supérieurs de la formation crétacée.

Considéré au point de vue des glaciers, aucune partie des hautes Alpes n'est plus propre à justifier cette thèse que nous avons établie précédemment, savoir que ce sont les grandes surfaces horizontales, les champs de neige, qui contribuent avant tout à l'alimentation du glacier, tandis que les pics sont sous ce rapport d'une importance tout-à-fait secon-

daire. Le plateau des Wetterhörner déverse à la fois ses neiges dans quatre glaciers différents, qui sont : le glacier supérieur de Grindelwald, le glacier de Gauli, le glacier de Renfen et le glacier de Rosenlaui. Cependant ce dernier en reçoit à beaucoup près la plus grande quantité, ainsi qu'on peut le voir par la carte de Pl. 1. Il s'approprie à-peu-près toute la masse de neige qui s'accumule sur le versant septentrional des trois grands pics ; le glacier de Renfen n'en reçoit que la plus petite part ; aussi est-il bien moins considérable que le glacier de Rosenlaui. Le glacier supérieur de Grindelwald reçoit les neiges du versant méridional du Mittelhorn et du Wetterhorn, et le glacier de Gauli celles qui descendent des flancs méridional et oriental du Rosenhorn.

Il était une heure de l'après midi lorsque nous songeâmes à la retraite. Ordinairement dans ces sortes de courses on redescend par le chemin par lequel on est monté, surtout lorsque, comme c'était notre cas, on visite pour la première fois des contrées à-peu-près neuves. C'était aussi ce que proposaient les plus prudents d'entre nous. Mais d'un autre côté, la facilité avec laquelle nous avions réalisé notre projet nous avait rendu téméraires. L'on trouvait que c'était ennuyeux de refaire le même chemin. Et puis il faudrait coucher encore une fois dans ce malheureux chalet où nous avions eu si froid, tandis qu'en descendant à Rosenlaui ou à Im-Grund, nous étions au moins sûrs d'y trouver des lits et à souper. Ces considérations et l'état de la neige que le vent avait empêché de se ra-

mollir, firent pencher la balance en faveur d'Im-Grund. L'un des guides fut renvoyé avec l'échelle à Gauli, avec l'ordre d'apporter pendant la nuit à Im-Grund les objets que nous avions laissés au chalet. C'était imprudent si l'on veut, attendu que nous n'avions aucune connaissance des lieux que nous allions parcourir. Je savais seulement qu'à partir du Tossenhorn, la partie inférieure du glacier de Renfen n'offrait pas de difficulté. Mais tout l'espace entre les Wetterhörner et le pied du Tossenhorn était une *terra incognita*. Le Tossenhorn est interposé entre les glaciers de Renfen et de Rosenlaui, qu'il sépare dans leur cours inférieur, tandis que leur cours supérieur se confond dans le grand plateau de neige qui descend des Wetterhörner. Or comme nous avions rencontré, l'année dernière, de larges crevasses au bord oriental du Tossenhorn, il y avait à craindre qu'elles ne nous barrassent encore cette année le chemin. Währen (le premier guide) proposa par conséquent de suivre de préférence le couloir de Rosenlaui, puis de chercher à traverser l'arête s'il se présentait quelque part une entaille. C'est ce que nous fîmes effectivement, et ce fut ici que nous eûmes à franchir des passages réellement difficiles. Après avoir cherché en vain un couloir, nous vîmes qu'à moins de rebrousser chemin il fallait monter tout droit. Deux guides furent envoyés en éclaireurs; ils revinrent en hésitant. Tout ce qu'ils purent nous dire, ce fut que le passage n'était pas impossible. Cela n'était que trop significatif dans la bouche de nos hommes. Nous décidâmes néanmoins qu'on

essaierait. Il serait trop long de reproduire tous les incidens de cette traversée qui nous prit près de deux heures, quoique la distance ne fût que de dix minutes. Tantôt c'était une paroi verticale qu'il fallait contourner en se collant contre le rocher, tantôt il fallait se tenir d'aplomb au sommet d'une paroi de neige séparée du rocher par un gouffre profond, d'autres fois encore nous étions obligés de nous glisser d'un pas circonspect à travers des roches délitées, amoncelées sur des pentes raides et qui, à chaque pas, menaçaient de s'ébouler. Nous n'en arrivâmes pas moins sains et saufs au sommet de l'arête, et quand mes compagnons de voyage se retournèrent pour voir le chemin que nous avions fait, ils osaient à peine en croire leurs yeux. Jamais, s'écriaient-ils, on n'imaginera que des êtres humains jouissant de leur bon sens se sont promenés par-là ! Leur exclamation eût en effet été fondée s'ils s'y étaient aventurés seuls : mais ils oubliaient qu'ils avaient eu à leurs côtés, pour les soutenir, les plus intrépides et les plus exercés de tous les guides de l'Oberland.

Quand à force de peine nous eûmes atteint le sommet de l'arête du Tossenhorn, nous espérions que toutes les difficultés étaient surmontées. Je me réjouissais d'avance de glisser, comme l'année dernière, sur les longues pentes de neige du glacier de Renfen, et cette perspective avait aussi contribué puissamment à entretenir le courage de mes compagnons de voyage. La neige était en effet très-abondante, mais ô déception! c'était de la neige fraiche qui, pendant les deux heures que nous mî-

mes à contourner le Tossenhorn, avait eu le temps de se ramollir à une grande profondeur, en sorte qu'au lieu de glisser nous nous vîmes obligés de traverser lentement toute la pente, enfonçant à chaque pas jusqu'aux genoux. C'en était plus qu'il n'en fallait pour achever les plus robustes. En pareille circonstance il faut user de toute sa force de volonté pour résister à l'apathie qu'engendre la fatigue. On chemine alors à l'aventure, et quand on tombe, on se demande s'il faut ou non se relever. Il était plus de quatre heures lorsque nous arrivâmes au col du Stellihorn connu sous le nom de *Weite-Sattel,* d'où l'on découvre presqu'à ses pieds les bains de Rosenlaui. Nous fîmes ici une petite halte pour nous restaurer avec les restes de nos provisions. Plusieurs d'entre nous auraient voulu descendre tout droit à Rosenlaui, parce que c'était plus près; j'en eus moi-même la tentation, mais l'idée que nous étions trop fatigués pour hasarder le passage de la partie supérieure de ce glacier, fit que nous nous décidâmes à prendre le chemin d'Im-Grund, quoiqu'il y eut quatre mortelles heures de marche; là au moins nous étions sur terre ferme, en pays de connaissance.

Il arrive ordinairement qu'à la fin d'une longue course, chacun s'en va au gré de ses jambes sans s'inquiéter beaucoup de son voisin. Ainsi fîmes-nous tout le long du mauvais sentier qui conduit tout droit des chalets du Stellihorn à l'origine de la vallée d'Urbach. Nous ne nous trouvâmes réunis de nouveau qu'au bas de la descente, où nous eûmes à traverser le torrent sur un pont naturel de

neige, le pont en bois qui fut enlevé l'année dernière n'ayant pas encore été remplacé. En d'autres circonstances nous aurions probablement pris toutes sortes de précautions pour passer sur un pont de cette espèce ; mais ici encore notre insouciance nous vint en aide, et, comme il faisait nuit, nous traversâmes tout droit sans songer au danger qui pouvait être caché sous cette voûte temporaire. Nous n'avions plus maintenant que la délicieuse vallée d'Urbach à parcourir. Le beau et tendre gazon de cette vallée à fond entièrement plat, la douce fraîcheur de l'air et la pleine lune qui nous éclairait à travers les grands sapins nous firent oublier jusqu'à un certain point la fatigue du jour. La gaîté, la bonne humeur était revenue, et nous arrivâmes ainsi presque sans nous en douter en face du village d'Unterstock, qui est situé à l'autre extrémité de la vallée. Restait la descente raide et raboteuse d'Unterstock à Im-Grund. Celle-là était réellement de trop. Aussi n'en parlerai-je pas, trop heureux de n'avoir pas à recommencer. Nous arrivâmes à neuf heures et demie à l'auberge d'Im-Grund où nous étions attendus depuis long-temps.

Le lendemain matin seulement on s'occupa des brèches de toute espèce qu'une course dans les hautes régions entraîne toujours à sa suite. Tout le monde avait plus ou moins souffert. Les uns avaient la figure enflée, les autres les lèvres en chair vive, d'autres souffraient des yeux, l'un des guides était presque aveugle ; tout cela était essentiellement l'effet de la réverbération de la neige fraîche combinée avec le vent froid. Nous n'en continuâmes

pas moins notre route le même jour. MM. Dollfuss et Dupasquier se dirigèrent sur Meyringen. Je m'en retournai avec M. Stengel au glacier de l'Aar, pour y continuer nos observations sur la marche du glacier.

Une jouissance bien naturelle attendait nos deux compagnons de voyage à Meyringen; car c'était là qu'ils allaient pour la première fois apercevoir le drapeau flottant au sommet du Rosenhorn et contempler avec orgueil cette belle pyramide qui était devenue l'objet de toutes leurs sympathies. On m'a assuré, et je n'ai pas de peine à le croire, que le bonheur de M. Dollfuss fut sans bornes lorsqu'il la reconnut enfin au fond de l'horizon avec sa robe étincelante, portant coquettement sur son front radieux l'aigrette dont il l'avait parée au moment de s'en séparer. Il est vrai en effet que, vue de Meyringen, c'est une superbe montagne, la plus majestueuse et la plus belle d'entre toutes ses sœurs. Mais aussi Meyringen est le point favorable pour l'admirer. On ne la voit ni de Grindelwald, ni du Grimsel, ni d'aucun autre point fréquenté. C'est à quoi mon ami Dollfuss n'avait pas songé. Aussi regrettait-il maintenant de n'avoir pas envoyé des guides placer des signaux sur l'une ou l'autre des cimes environnantes, ne fût-ce que pour empêcher que notre visite en ces lieux ne fût mise en doute par la jalousie. Heureusement le mal pouvait se réparer; les deux guides Jaun et Bannholzer s'offrirent spontanément à aller planter un second drapeau sur le Wetterhorn proprement dit, la seule des trois grandes cimes qui soit visible de Grindel-

wald. Ils devaient en même temps s'assurer si, comme on l'avait prétendu jusqu'alors, il était réellement impossible d'atteindre le glacier de l'Aar par le col de Lauteraar. Nos deux hommes partirent de Rosenlaui le 31 août, remontèrent sans aucune difficulté le glacier de ce nom jusqu'au pied de ce même Tossenhorn qui nous avait couté tant de peine à traverser. Ils s'étaient proposé de contourner le Rosenhorn et d'aborder le pic par le revers méridional, comme nous avions fait trois jours auparavant. Mais soit témérité, soit crainte de perdre trop de temps, quand ils furent arrivés sur le plateau, ils changèrent d'avis et se décidèrent à monter tout droit. Ils se dirigèrent d'abord vers la dépression qui sépare le Mittelhorn du Wetterhorn, puis tournant à droite ils remontèrent le long d'une arête de neige très-escarpée jusqu'au sommet du pic. J'avoue que si l'on m'avait demandé mon opinion sur la possibilité d'escalader le Wetterhorn de ce côté, j'aurais vraisemblablement déclaré la chose impossible; mais il semble que même l'inviolabilité des sommités les plus élevées ne soit qu'une fiction destinée à disparaître comme tant d'autres préjugés devant les tendances téméraires de notre siècle. Ce n'est pas à dire qu'une pareille tentative soit chose facile; loin de là; aussi nos gens m'ont-ils avoué qu'ils avaient rencontré des difficultés inouïes et je suppose qu'ils ont dû courir aussi quelque danger. La vue y est, prétendent-ils, plus belle encore que du Rosenhorn, surtout du côté de la plaine. Après avoir passé une demi heure au sommet (qu'ils trouvèrent,

comme je l'ai dit plus haut, composé de calcaire noir à pâte fine), ils descendirent, sans grande difficulté, sur les champs de neige supérieurs du glacier de Grindelwald; puis remontant jusqu'en face du Rosenhorn, ils continuèrent leur route à l'ouest, et contournant les parois verticales du Berglistock ils descendirent par le col du Lauteraar sur le névé du même nom et arrivèrent de très-bonne heure (avant six heures) au Pavillon. Le seul endroit difficile, à part la montée du Wetterhorn, est, selon eux, le passage autour du Berglistock. Mais il ne faut pas oublier que la neige leur avait aplani ainsi, qu'à nous, bien des difficultés. Je doute qu'une autre année, lorsque les neiges seront moins hautes, on puisse faire cette traversée en aussi peu de temps (12 heures), même en ne montant pas au Wetterhorn. Quelque fatigante que dût être cette course, elle n'empêcha pas Bannholzer d'accompagner le lendemain plusieurs Américains par dessus la Strahleck à Grindelwald.

Retour au Pavillon.

L'ascension du Wetterhorn fut en quelque sorte le signal d'un revirement complet dans l'état météorologique. C'est, comme nous l'avons déjà dit, à compter de ce jour que commença l'été du glacier. Le ciel bleu des Alpes avait reparu dans tout son éclat et avait remplacé les brouillards et la bourrasque; l'air était saturé d'une douce et bonne chaleur, et le gazon, qui déjà commençait à jaunir sous

le poids des neiges, avait repris tout-à-coup une nouvelle fraîcheur sous l'influence tonique du soleil de la montagne. Le glacier lui-même ressentait d'une manière directe cette influence, et l'on a vu par le tableau que nous avons donné plus haut de son avancement, que sa marche s'était considérablement accélérée. Dans des circonstances pareilles il eut été impardonnable de songer au repos. Arrivés le 29 au Grimsel, nous en repartîmes le lendemain de bonne heure. M. Stengel reprit encore le même jour ses opérations géodésiques. Les dix-huit grands blocs répandus à la surface du glacier et destinés à constater son mouvement dans toutes ses parties, furent soumis à une troisième triangulation dont les résultats ont été conformes à ceux des années précédentes. Il ne saurait entrer dans mes vues de donner ici les chiffres de toutes ces observations qui n'ont de valeur que dans leur liaison. Ces détails trouveront d'ailleurs tout naturellement leur place dans l'ouvrage de M. Agassiz, où la question du mouvement sera traitée dans son ensemble. La bande transversale, destinée plus spécialement à faire connaître le rapport de vitesse entre le mouvement du centre et celui du bord, fut aussi mesurée de nouveau avec toute la précision désirable; et nous avons vu plus haut que les résultats s'accordent parfaitement avec ceux des années précédentes.

Pendant que M. Stengel était occupé aux opérations géodésiques, je profitai du beau temps pour reprendre quelques expériences et continuer quelques travaux, que l'inclémence du temps m'avait

empêché de réaliser plûtôt. Je vais essayer d'en rendre un compte succint.

Recherches sur la température intérieure du glacier.

On se rappelle qu'en 1842, pour compléter ses observations sur la température intérieure du glacier, M. Agassiz avait introduit dans l'un des trous de sonde deux thermométrographes, l'un à 7 pieds, l'autre à 15 pieds de profondeur. En 1843, la quantité de neige qui recouvrait le glacier était si considérable, que nous ne pûmes songer à extraire ces instruments. Le même inconvénient existait cette année, quoique à un moindre degré. Je renvoyai par conséquent l'extraction jusqu'à la fin de notre séjour, espérant que le soleil finirait par dégager les environs de l'Hôtel des Neuchâtelois. L'emplacement des trous de sonde avait été marqué en 1842, par de grosses pierres qu'on avait entassées au-dessus de chaque trou, et comme nous avions toujours vu, depuis 1839, cette partie du glacier dégagée de neige, nous n'avions par songé à y planter d'autres signaux. L'idée qu'à pareille saison tout le glacier pourrait être couvert de neige, ne nous était pas même venue. Je ne désespérai pourtant pas d'arriver à mes fins. Je commençai par sonder la neige sur l'espace d'une centaine de mètres carrés, et au bout de quelques heures nous découvrîmes en effet une grande pierre, et sous cette pierre un morceau de bois auquel était attachée une ficelle. Celle-ci s'élevait à 55 centim. au-dessus de la surface du glacier, indiquant par

conséquent une ablation de cette épaisseur, pendant les deux années qui s'étaient écoulées depuis 1842 ([1]) Je fis aussitôt creuser une fosse autour de la ficelle, et mes gens se mirent à la besogne avec une telle ardeur, qu'en quelques heures ils atteignirent la profondeur de sept pieds, qu'indiquait mes notes. Là nous trouvâmes, en effet, un corps opâque dans la glace; j'ordonnai la plus grande précaution, dans la crainte d'ébranler l'instrument; mais il se trouva que ce n'était qu'une pierre! Je crus alors me rappeler que M. Agassiz avait mêlé quelques cailloux aux fragments de glace qu'il avait entassés au-dessus du thermométrographe. Quel ne fut pas mon désappointement, lorsque l'ayant enlevée, je trouvai au-dessous, non pas mon thermométrographe, mais un balai attaché à la ficelle! De ma vie je n'ai éprouvé une pareille déception; quelqu'un aurait essayé de me faire croire qu'un mauvais génie avait changé mon instrument en ce maudit balai, que je l'aurais peut-être cru. Plus tard seulement je me souvins qu'après avoir suspendu les thermomètres dans l'un des trous, M. Agassiz avait introduit dans les deux autres différents objets, afin de voir en combien de temps et dans quel état ils reviendraient à la surface. Le balai était du nombre, et pour qu'il ne tombât pas au fond du trou, on avait eu soin de l'attacher à une corde comme les thermométrographes ([2]).

([1]) Voy. plus haut. p. 89.

([2]) Ce contre-temps devait cependant avoir son côté avantageux, en nous révélant un fait qui mérite d'être si-

Cependant je ne devais, ni ne pouvais rester sous le poids de cette mystification, eussè-je dû remuer toute la neige environnante. Sachant d'ailleurs que les trois trous étaient peu éloignés l'un de l'autre, je ne pouvais manquer de les trouver, d'autant moins que l'un des guides m'assurait maintenant, avoir déposé près du trou aux instruments, le trépied qui avait servi au forage. On se remit donc à l'œuvre dès le lendemain, et comme la neige était trop épaisse et trop dure pour pouvoir être convenablement sondée, je fis faire des tranchées dans plusieurs sens, dans l'espoir de rencontrer une branche du trépied. Plusieurs jours se passèrent ainsi en tâtonnements. Le second trou de forage fut mis à découvert avec le foin qu'il renfermait, et qui était, comme le balai, intimément lié à la glace; mais quant aux thermométrographes, il semblait qu'ils fussent ensorcelés, et nous partîmes pour le Wetterhorn sans les avoir trouvés. De retour de cette expédition, je me remis avec une nouvelle ar-

gnalé. Lorsqu'en 1842, le balai fut introduit dans le plus large et le plus profond des trois trous de sonde, qui avait 200 pieds de profondeur, ce trou était parfaitement vide, et l'on avait eu soin de tailler des rigoles tout autour, afin d'empêcher l'eau d'y arriver. Maintenant le trou était rempli d'une glace bleue qui entourait le balai de tous côtés, et comme cette glace ne montrait aucune solution de continuité, il était naturel d'admettre qu'elle avait pénétré jusqu'au fond, par conséquent que la colonne d'eau s'était transformée en un cylindre de glace, et partant que ce n'était point l'effet du froid nocturne mais de celui de la saison d'hiver.

deur à leur recherche, et cette fois ce ne fut pas sans succès. Le second jour, nous découvrîmes l'une des branches du trépied sous une couche de neige de $1^{m},30$, dont la partie inférieure était changée en glace opâque sur une épaisseur de près de 40 centimètres. Cette glace, bien qu'aussi dure que celle du glacier proprement dit, avait cependant un aspect fort différent; elle était terne et fort peu transparente. Aussi nos gens la distinguaient-ils fort bien de la glace du glacier; ils l'appellaient glace tout simplement *(Eis* ou *Isch* dans leur dialecte, par opposition à la substance du glacier *(Gletscher)*. Cette distinction est en effet très-rationnelle; car cette glace ne se marie jamais avec le glacier proprement dit; elle en est non-seulement séparée par du gravier et par tous les corps qui sont gisans à la surface du glacier, mais il y a encore entre les deux une solution de continuité par laquelle s'échappe l'eau de la fonte. Cette eau était tellement abondante qu'il suffisait d'une entaille de quelques mètres de longueur pour former un fort ruisseau. Je rappellerai à cette occasion ce que j'ai dit ailleurs de la quantité d'eau qui peut être contenue dans les pores d'un glacier (1). Ici je pus faire la même expérience sur la neige et sur la glace de névé. Le ruisseau qui en sortait n'était pas seulement abondant de jour; il continuait aussi à couler le soir longtemps après que la fonte superficielle avait cessé, et ce qui est plus surprenant, je le trouvai coulant encore, quoique moins abondamment, le lende-

(1) *Excursions*, etc. pag. 96 et s.

main matin. Ce fait, quelqu'extraordinaire qu'il paraisse, est cependant tout naturel du moment que l'on admet la porosité de la glace. Il est le corrolaire ou plutôt la base de la loi que nous avons déduite plus haut de nos expériences sur le volume d'eau qui s'échappe par la voûte de l'Aar. Il nous fournit la preuve directe et irrécusable que la neige comme la glace tient en suspension une quantité d'eau notable, qui contribue, pour sa part, à alimenter le torrent, lorsqu'il n'y a pas de fonte superficielle; et en second lieu, que le froid nocturne ne pénètre pas bien profondément, puisque sans cela l'eau n'aurait pas pu rester liquide.

Je ne tardai pas, en creusant le long de la tige du trépied, à mettre à découvert la pierre qui recouvrait le bâton auquel étaient attachés les deux instruments. La corde n'était libre que sur une longueur de 15 centimètres; l'ablation avait par conséquent été encore bien plus faible qu'au premier trou, évidemment parce que la neige y avait séjourné depuis plus longtemps. Je fis creuser une nouvelle fosse de deux mètres de longueur sur un mètre de largeur. Quand j'aperçus l'instrument à travers la glace, je fis cesser les coups de hache et opérai avec de l'eau bouillante, afin de ne pas ébranler le flotteur. Je réussis ainsi à dégager mon instrument que je retirai parfaitement intact. La base du flotteur marquait — 2°,2. Je vérifiai aussitôt le zéro que je trouvai d'un dixième de degré trop haut. Le plus grand froid que l'instrument avait subi pendant les deux années qu'il avait été enseveli dans le glacier, était par conséquent de — 2°,1 C.

Des conséquences de la plus haute importance découlent de ce fait qui semble de nature à compliquer de nouveau les théories. Pour ma part je ne saurais que m'en féliciter dans l'intérêt de la théorie que M. Agassiz à soutenue jusqu'ici, tout en la modifiant selon l'exigence des faits nouveaux que l'observation nous a révélés. En effet, si la température de l'intérieur du glacier descend jusqu'à — 2°, il est évident qu'aussi longtemps que cette température y règne, l'eau ne saurait rester à l'état liquide; elle doit se congeler et en se congelant augmenter le volume du glacier. Il est probable que cette température si basse n'est que périodique, qu'elle n'existe qu'en hiver, puisqu'en été nous n'avons jamais vu le thermométrographe baisser au delà de — 0°, 3 ou 4; mais l'époque ne fait rien; ce ce qu'il importe avant tout de savoir, c'est que cette température existe. Par là se trouve confirmée de la manière la plus directe l'idée ingénieuse de M. Elie de Beaumont qui admettait un magasin de froid périodique dans l'intérieur du glacier. L'existence de ce magasin de froid, n'est plus maintenant une simple hypothèse; c'est un fait acquis à la science. Mais, me dira-t-on, le thermomètre qui passa dans le glacier l'hiver de 1841 à 1842 ne vous a pas donné le même résultat, puisqu'il ne marquait que — 0°, 3. Cela est vrai; mais il ne faut pas oublier que nous eûmes alors beaucoup de peine à le retirer, et que le flotteur n'était pas très-opiniâtre. Il est donc possible qu'il soit tombé pendant l'opération. En tous cas, d'après la construction de l'instrument, un excès de froid ne saurait être l'ef-

fet d'une erreur, à moins que la température de l'air ne soit à un degré inférieur au moment de l'extraction. Or elle était dans ce moment à + 8 degrés. L'erreur, si elle est possible, ne peut donc avoir lieu qu'au détriment du froid en indiquant une température moins basse que celle qui a eu lieu effectivement. Par conséquent si notre thermométrographe à marqué — 2°,1, c'est qu'il a réellement fait cette température dans l'intérieur du glacier.

J'aurais bien désiré retirer aussi le second thermométrographe qui est suspendu dans le même trou, à la profondeur de 15 pieds, mais le mauvais temps qui survint tout d'un coup, me força d'en ajourner l'extration à une autre année.

Persistance des puits.

Il me reste à mentionner une dernière observation qui n'est pas sans importance pour la théorie du mouvement des glaciers. On sait qu'il existe sur tous les glaciers à faible pente, et en particulier au glacier de l'Aar, des trous profonds, à parois verticales, connus sous le nom de puits ou de moulins, dans lesquels s'engouffrent les ruisseaux de la surface. La plupart de ces puits pénètrent à une très-grande profondeur, témoin celui dans lequel M. Agassiz exécuta en 1841 sa fameuse descente aux enfers (1). N'ayant trouvé l'année suivante aucun changement dans la forme de ce puits,

(1) *Excursions*, etc., p. 306 et s.

M. Agassiz chargea M. Wild d'en déterminer la position exacte, relativement aux points fixes du réseau trigonométrique, ainsi que par rapport à divers points de la moraine médiane. On en fit de même d'une entaille de forme particulière qui se trouvait dans la moraine, à-peu-près en face du puits; et afin de mieux constater les changements qui pourraient survenir dans leur forme et leur position, ces deux points furent inscrits en leur place respective, sur la grande carte du glacier dressée par M. Wild.

Pendant la campagne de 1843, nous ne pûmes tenter aucune vérification, à cause de la quantité de neige qui recouvrait le glacier. Dans ces entrefaites, pour satisfaire aux exigences d'une nouvelle théorie, on avait prétendu, sans preuve aucune, il est vrai, que les puits se fermaient toutes les années, à mesure que le glacier cheminait, et que d'autres se formaient à la même place. Il m'importait donc de vérifier la chose sur les deux stations dont la position était connue. Vers la fin de la campagne de cette année, j'eus en effet la satisfaction de voir le glacier se dégager. Je retrouvai le puits tel que nous l'avions laissé en 1842, avec cette seule différence que l'eau du fond, au lieu d'être à 40 mètres était à 25 mètres. Je mesurai sa distance du bloc de granit n° 5, et de l'entaille ci-dessus mentionnée, et la trouvai la même que sur la carte. Or comme ces deux points s'étaient avancés de 150 mètres en deux ans, il était évident que le puits qui est à quelques pas de la moraine avait dû se déplacer d'une quantité semblable. Il était donc démontré par là

que les puits, loin de se fermer annuellement, persistent au contraire pendant plusieurs années et se déplacent tout aussi bien que les autres parties du glacier. Je ne prétends pas nier par là que certains puits ne se renouvellent pas annuellement. Loin de là. J'en ai même vu des exemples fréquents au glacier de l'Aar, où des ruisseaux, après s'être déversés pendant un certain temps dans un puits, l'abandonnaient subitement, lorsqu'une crevasse venait à se former sur leur chemin. Mais il y a loin de là à une périodicité régulière, comme la suppose l'opinion que nous combattons.

Est-ce à dire qu'il n'existe aucune relation entre ces puits et le mouvement du glacier? Je suis loin de le supposer. Je penche au contraire à croire que c'est par une conséquence de la marche du glacier dans la région où se trouve le puits en question, qu'il faut expliquer sa persistance. Voici comment je me représente la chose. Nous avons vu plus haut que le mouvement du glacier de l'Aar va en augmentant de vitesse de haut en bas, jusqu'à un certain point, qui se trouve à 700 mètres en aval de l'ancien Hôtel des Neuchâtelois, et que passé ce point, il diminue de nouveau graduellement jusqu'à l'issue du glacier. Dès-lors la pression d'arrière en avant, quelle qu'elle soit, doit être moins sensible s'il y a accélération que s'il y a ralentissement. Or, notre puits se trouve maintenant entre l'Hôtel des Neuchâtelois et le point où la vitesse est à son maximum, en un endroit ou l'accélération est même assez sensible (de 7 mètres en deux ans, sur une distance de 720^{m}). Dans quelques années il aura franchi

le maximum et entrera dans la région du mouvement ralenti. Si donc c'est à l'accélération qu'on doit attribuer sa persistance pendant plusieurs années, il s'en suit que le puits devra se fermer, du moment qu'il aura franchi cette limite, et cela par la même raison qui fait que les affluents de droite du glacier de l'Aar ne sont pas crevassés à leur extrémité, malgré leur forte pente, tandis que les deux glaciers de Trift dont il a été question plus haut, le sont profondément; en d'autres termes parce qu'il y aura ralentissement de la masse entière.

Remarques sur la stratification.

Ce ne fut non plus que vers la fin de mon séjour au glacier que je pus songer à poursuivre le phénomène de la stratification. Avant cette époque la neige qui recouvrait le glacier dans toute son étendue aurait rendu toutes les tentatives infructueuses. On se rappelle qu'il a été démontré par les observations des années précédentes, que la stratification, dont personne ne conteste la présence dans les hautes régions, ne disparaît pas avec le névé, comme le pensent quelques auteurs, mais qu'elle existe dans toute l'étendue du glacier, se trahissant à la surface par des lignes plus ou moins distinctes et diversement contournées (1). Ce sujet n'en était pas moins devenu l'objet de controverses qui continuent encore. La cause en réside selon nous en grande partie dans la difficulté qu'il y a à observer

(1) *Excursions*, p. 472 et s.

ce singulier arrangement. Aussi ne nous étonnions-nous pas que, même de nos jours, où l'attention est dirigée de ce côté, le phénomène ait pu rester inaperçu aux yeux de plusieurs observateurs. Les affleurements en effet ne sont pas également visibles à toutes les époques; il y a même à cet égard des différences assez tranchées d'un jour à l'autre, et même d'une heure à l'autre, suivant la manière dont le glacier est éclairé. J'ai remarqué que les jours parfaitement sereins n'étaient pas les plus favorables, non plus que l'heure de midi, et que c'est en général vers le soir, à l'approche du crépuscule, qu'on les distingue le mieux. Le point d'où l'on observe n'est pas non plus indifférent; on peut se trouver à 20, 30 et 40^{m} de hauteur et ne rien distinguer que des contours vagues, tandis que si l'on s'élève à 150 ou 200^{m} au-dessus de la surface, ces mêmes lignes paraissent beaucoup plus nettes. Sur le glacier même il est rare qu'elles fixent l'attention, et il faut un œil exercé pour les reconnaître même dans les endroits où elles paraissent le plus distinctes d'en haut; encore court-on bien souvent le risque de les confondre avec des crevasses refermées. Malgré ces difficultés, M. Agassiz avait cependant réussi, dès 1842, à préciser leurs contours sur toute l'étendue du glacier de l'Aar et les avait tracés sur le dessin de la grande carte exécutée par M. Wild. Il résulte de ce relevé, que chaque affluent a son système de couches propre, dont les affleurements se présentent à la surface sous la forme de lignes plus ou moins arquées, ayant leur convexité tournée du côté de l'issue du

glacier. Lorsque deux affluents se confondent dans un lit commun, les contours des couches changent aussi de direction, et les différents systèmes se confondent insensiblement, à mesure que le point du maximum de vitesse se déplace. Il en résulte que le glacier de l'Aar qui, à son origine, a un grand nombre de systèmes de couches (autant qu'il a d'affluents), n'en doit plus présenter qu'un seul dans son cours inférieur. J'avais pris à tâche cette année de poursuivre cette disposition jusque dans ses détails, aussi loin du moins que le glacier serait dégagé de neige. Je commençai donc par relever à la surface même du glacier le nombre des couches sur une coupe transversale du Lauteraar, depuis le bord jusqu'à la moraine médiane. Je me fis accompagner dans cette exploration par un guide intelligent auquel j'appris à distinguer les affleurements; puis, pour m'assurer que les lignes que j'avais prises pour des traces de stratification étaient réellement les mêmes que j'avais distinguées d'en haut, je montai sur un promontoire situé à 200^{m} au-dessus de la surface, ordonnant au guide de longer successivement différents affleurements à mesure que je lui en transmettrais l'ordre du haut du promontoire. J'acquis ainsi la certitude que ce que j'avais pris pour des affleurements de couches était réellement les mêmes lignes que M. Agassiz avait inscrites sur sa carte.

Mais là ne devaient pas se borner mes recherches. Certains observateurs avaient émis l'opinion que ces lignes dont nous venons d'indiquer les dispositions n'étaient pas des affleurements de couches,

et ils avaient allégué entre autres raisons que les traces de saleté qui indiquent leur présence n'étaient que superficielles et ne pénétraient point dans l'intérieur de la masse. Afin qu'il ne restât aucun doute sur ce point, je fis creuser un fossé de 10^{m} de longueur et de 40 cent. de profondeur, de manière à couper transversalement plusieurs couches parallèles. Cette expérience m'apprit que non-seulement ces lignes qui se trahissent à la surface par une poussière rougeâtre (sans doute des détritus de gneiss oxidé) ne disparaissaient pas dans l'intérieur, mais qu'elles sont aussi marquées à 40 et 50 cent. de profondeur qu'à la surface. J'ai eu soin de recueillir de cette poussière et je me propose d'en faire quelque jour l'analyse.

J'ajouterai encore que pour m'assurer de l'identité des contours sur les deux côtés de la moraine médiane, j'eus soin de les relever de points très-différents. Je fis même dans ce but l'ascension du Zinkenstock, de cette coupole neigeuse qui se dessine si bien depuis les fenêtres de l'hospice, et dont j'ai évalué la hauteur à 3000^{m}. A mon retour au Pavillon, j'eus la satisfaction de voir que le croquis des affleurements de la partie inférieure du glacier, que j'avais pris de ce point élevé, d'où l'on domine presque tout le glacier de l'Aar, concordait parfaitement avec les relevés que j'en avais fait d'autres points.

Remarques sur la clarté des nuits.

Nous avons déjà entretenu précédemment nos lecteurs de la clarté extraordinaire des nuits au

milieu du brouillard et de la tourmente [1]. M. Agassiz crut devoir attribuer cette clarté à une lueur propre des nuages, semblable à celle que M. Arago avait observée à l'observatoire de Paris. La situation de notre habitation, à 100 mètres au-dessus du glacier, était très-favorable pour l'étude de ce singulier phénomène, et je crois que les expériences que j'ai faites cette année paraîtront assez concluantes, pour ne laisser aucun doute sur la véritable origine de cette lumière. J'avais remarqué, à plusieurs reprises, que le point le plus lumineux du glacier était droit devant nous, au pied du Pavillon, et que la lueur allait en s'affaiblissant dans le lointain, excepté du côté de l'ouest, où le névé du Lauteraar brillait d'un éclat tout particulier. Deux choses étaient possibles, ou bien la lumière venait de l'ouest et le névé de Lauteraar était plus resplendissant parce qu'il était plus rapproché de la source de lumière, ou bien la lumière était inhérente au glacier et alors l'éclat du Lauteraar ne pouvait être dû qu'à sa grande pureté, celui du glacier au contraire à sa proximité. Dans cette dernière supposition, le point lumineux du glacier devait se déplacer avec l'observateur; dans le premier cas, au contraire, c'est-à-dire en supposant la lueur venant de l'ouest, les saillies et les promontoires du rivage devaient l'intercepter et projeter par conséquent une ombre du côté opposé. Le dilemme ainsi posé, l'expérience était facile à faire sur la terrasse même qu'occupait notre habitation. Cette terrasse com-

(1) *Excursions etc.*, p. 564.

mence du côté de l'ouest par un promontoire saillant, une sorte d'éperon, qui s'avance dans le glacier et y occasionne les nombreuses et profondes crevasses qui se voient en amont du Pavillon. Un soir que le ciel était couvert sur tous les points de l'horizon, je me rendis vers les dix heures, avec tout notre monde au bord de la terrasse. En ce moment le brouillard se condensait en une fine pluie, et aucune des cimes environnantes n'était visible. Je présentai à mes gens une montre à cadran en porcelaine avec chiffres arabes, leur demandant de m'indiquer chacun en particulier la position exacte des aiguilles, ce qu'ils firent avec la plus grande aisance, sans qu'aucun se trompât. Quand je leur demandai ensuite à quelle cause ils attribuaient cette singulière lumière qui leur permettait de lire l'heure en l'absence de la lune et des étoiles, quelques-uns me répondirent que c'était probablement un reflet du coucher du soleil, mais la plupart y voyaient une propriété naturelle du glacier. Après leur avoir fait remarquer que le point le plus brillant était à nos pieds, c'est-à-dire à l'endroit le plus rapproché, je proposai de longer l'escarpement de la terrasse dans toute son étendue, en recommandant à tout le monde de bien faire attention si le point lumineux resterait à la même place ou s'il cheminerait avec nous. On se mit en route avec toutes les précautions voulues ; nous ne tardâmes pas à reconnaître que le point brillant se déplaçait à mesure que nous avancions, et arrivés à l'extrémité de la terrasse, nous le revîmes encore à nos pieds, occupant l'angle même du promontoire. Nous passâmes sur le

revers opposé, c'était la même chose, et quand nous rebroussâmes chemin, la lueur nous suivit jusqu'à notre point de départ. Il est à peine nécessaire de dire pourquoi ce phénomène n'est visible que par un ciel couvert. C'est par la même raison qui fait que le phosphore ne brille pas de jour. Le glacier, comme le phosphore, absorbe une certaine quantité de lumière qui reste inaperçue aussi longtemps qu'une source de lumière plus forte existe, mais qui se manifeste dès que cette lumière plus intense est supprimée.

Je ne prétends pas nier par-là que les nuages et les brouillards ne puissent, eux aussi, répandre une lumière semblable, et je crois même qu'il serait difficile de trouver une autre explication, lorsqu'il y a absence de neige ou de glace, mais dans le cas particulier le phénomène me paraît s'expliquer d'une manière plus naturelle par la phosphorescence de la glace et du névé.

—

TOPOGRAPHIE DU WETTERHORN ET DES MASSIFS ENVIRONNANTS.

Avant de traiter du relief de cette contrée, qu'on veuille bien me permettre de dire un mot de la petite carte qui accompagne ce volume. Je dois d'abord en expliquer l'apparition peut-être trop tardive, car je me représente que parmi le petit nombre de lecteurs qui nous ont accompagné dans nos courses de montagnes et de glaciers, il en est plusieurs qui nous auront trouvé bien téméraires d'avoir osé faire de la topographie sans accompagnement de plans et de cartes. C'est, en effet, mettre la bonne volonté des gens à une rude épreuve. Mais aussi pourquoi n'avons-nous pas de bonnes cartes? Quant aux mauvaises, elles ne sont, hélas! que trop communes. Or il ne faut pas avoir beaucoup voyagé dans les montagnes, pour comprendre la répugnance toute naturelle que doit éprouver le géologue et l'homme de science, à reproduire des cartes qu'il sait être fautives, lors qu'il est dans l'impossibilité de les corriger convenablement. D'un autre côté, je sais aussi que mieux vaut l'erreur que la confusion, et je n'aurais certainement pas consenti à publier la première partie de ces Comptes-Rendus, sans y joindre un plan quelconque, si, comme je l'ai annoncé dans l'Introduction à mon premier volume, je n'avais eu la perspective de voir

paraître prochainement la carte de M. d'Osterwald, que je crois destinée à satisfaire un besoin généralement senti.

Il y a quelques années, j'avais bien essayé, de concert avec M. Agassiz, d'esquisser une carte des glaciers de l'Oberland, qui fut jointe à la traduction allemande que M. Vogt publia de notre ascension de la Jungfrau ([1]). Cela nous fournit l'occasion de rectifier plusieurs erreurs des cartes antérieures. Mais il y avait des régions entières à l'égard desquelles nous dûmes nous en rapporter aux anciennes cartes, ne les ayant pas visitées. De ce nombre était entre autres la région des Wetterhörner. On a vu par la description que nous avons donnée plus haut de l'orographie de ces contrées, combien l'aspect de ce massif ressemble peu à l'idée qu'on s'en fait *à priori*. Il n'y a peut-être pas de localité dans toute la chaîne des Alpes, à l'égard de laquelle les cartes soient aussi fausses; aussi toute cette région était-elle complètement vierge avant notre ascension. J'ai donc cru faire une œuvre utile en accompagnant ce Compte-Rendu de la petite carte ci-jointe qui indique, si non les dimensions rigoureuses de toutes les parties, du moins la disposition relative des différents pics et les reliefs généraux du terrain, tels qu'ils ont été esquissés du haut du Rosenhorn par mon compagnon de voyage M. Stengel. On y a ajouté la topographie aussi exacte que possible

([1]) *Die Besteigung des Jungfrauhorns durch Agassiz und seine Gefährten von E. Desor, aus dem französischen von C. Vogt. Solothurn, 1842.*

du glacier de l'Aar et des massifs adjacents qui furent le théâtre de nos principales excursions, et je me flatte qu'ici aussi l'observateur attentif ne méconnaîtra pas la main du géomètre habile qui en a fait le dessin, surtout à l'égard des massifs qui constituent les deux rives du glacier de l'Aar. Une seule partie a dû être copiée sur les autres cartes, c'est le revers oriental du Ritzlihorn, avec les petits glaciers qui en descendent. Mais comme cette partie est justement celle à laquelle les frères Meyer ont apporté le plus de soin, je ne pense pas qu'elle soit entachée d'erreurs graves. Quant à l'exécution, j'ai préféré la méthode des courbes de niveau, suivie par M. d'Osterwald, au système de Lehmann, comme étant plus propre à faire ressortir les reliefs généraux sans trop charger la carte. On a représenté le terrain éclairé par une lumière venant de côté, sous un angle de 45°. De cette manière l'un des versants est éclairé, tandis que l'autre est dans l'ombre, et la hauteur relative se trouve indiquée par des ombres plus ou moins fortes. Le seul inconvénient que cette méthode pourrait avoir, serait de faire prendre le change sur les parties éclairées, dans lesquelles on pourrait voir des plateaux au lieu de versants; mais l'ensemble de la topographie et en particulier le cours des rivières sont plus que suffisants pour écarter cette source d'erreur.

Le trait de relief le plus intéressant de la région comprise dans notre carte, au point de vue orographique, c'est ce renflement colossal qui constitue le plateau des Wetterhörner que nous avons décrit plus haut (pag. 144), et sur lequel sont assises,

comme de simples pyramides, les trois cimes sœurs le Rosenhorn, le Mittelhorn et le Wetterhorn. Ce plateau, qui a au moins une lieue carrée de surface, puisqu'il s'étend du Berglistock au Wellhorn, dans la direction du sud au nord, et du Hangendhorn à l'origine du glacier supérieur de Grindelwald, ce plateau, dis-je, est limité de tous côtés par des escarpements plus ou moins accessibles, qui sont au nord et au nord-ouest les parois à pic du Wellhorn et du Wetterhorn, au-dessus de la Scheideck ; à l'ouest les pentes neigeuses qui dominent le glacier supérieur de Grindelwald et le col du Lauteraar ; au sud et à l'est les escarpements du Jagglisberg et ceux de l'Ankenballen, enfin, au nord-est les terrasses sur lesquelles descendent les glaciers de Renfen et de Rosenlaui. Ces escarpements ont été méconnus par la plupart des observateurs, qui, les ayant toujours vus de stations inférieures, les ont pris pour des arêtes et ont dessiné une contrepente au lieu d'un plateau. Quelques fois, il est vrai, ces bords du plateau sont couronnés de pics ou d'aiguilles, mais ceux-ci sont si peu importants quand on les examine du côté du plateau, qu'ils fixent à peine l'attention. Telles sont en particulier les aiguilles du Jagglisberg au bord du versant oriental, et jusqu'à un certain point le Wellhorn lui-même.

Un autre renflement non moins considérable en étendue, quoiqu'il n'atteigne pas tout-à-fait à la même hauteur, est celui qui se voit sur la gauche de notre carte, derrière le Mittelgrat, et qui, limité au sud par l'arête du Vieschergrat et à l'ouest par

l'Eiger, alimente le glacier de Grindelwald par deux couloirs différents (le glacier de l'Eiger ou Kali et le glacier de Grindelwald proprement dit), et déverse en outre une partie de ses glaces dans le glacier de Finsteraar, par un couloir étroit et très-escarpé, entre l'extrémité du Mittelgrat et le pic d'Agassiz. Les mêmes rapports que nous avons signalés à l'occasion des Wetterhörner, entre le plateau et ses escarpements, se retrouvent ici, du moins du côté de l'est : ce que le Jagglisberg, au fond du glacier de Gauli, est au plateau des Wetterhörner, le Mittelgrat l'est à ce second plateau; ce n'est pas une chaîne, c'est le bord d'un plateau. Aussi quand après avoir longé cette paroi si escarpée du Mittelgrat, on arrive sur le plateau de la Strahleck, on est tout étonné de trouver ces redoutables arêtes réduites à quelques esquilles rocheuses auxquelles on fait à peine attention au milieu de ces vastes étendues presque horizontales de neige. Ce même renflement général se continue au sud-sud-ouest dans les plateaux de neige qui alimentent les glaciers d'Aletsch et de Lötsch. Ici aussi nous avons une pente douce au midi et une pente très-raide au nord, et nous avons rappelé plus haut que toutes les lignes qu'on tire dans la direction du sud-sud-est au nord-nord-ouest, parallèlement à la ligne AB de Pl. II (en faisant abstraction des arêtes transversales), indiquent un exhaussement général et graduel de la masse, qui atteint son point culminant dans les plateaux et se dégrade ensuite subitement au nord. Nous verrons plus loin jusqu'à quel point ces formes se lient à la constitution géologique.

Mais ce n'est pas à dire que les plus hauts sommets doivent se trouver nécessairement dans la direction du renflement médian. A côté de ce renflement, qui est comme le noyau de toute cette partie du massif des Alpes, nous voyons une quantité d'arêtes se déployer dans tous les sens. La plupart cependant suivent une direction perpendiculaire à celle du renflement général contre lequel elles viennent s'adosser comme autant de contreforts. Ces arêtes non-seulement ne le cèdent pas en hauteur au renflement central et à ses aiguilles, mais ce sont même elles qui sont au premier rang. Plusieurs sont comprises dans la région que représente notre carte, et il en est quelques-unes qui comptent parmi les plus importantes des Alpes. Nous placerons en tête la grande muraille qui commence à l'Abschwung et s'étend jusqu'à l'extrémité du Mettenberg, établissant une séparation complète entre les glaciers de ses deux versants, les glaciers de Finsteraar et de Grindelwald inférieur d'une part, et ceux de Lauteraar et de Grindelwald supérieur d'autre part. Je ne connais, sur toute cette étendue, aucun col praticable qui permette de passer soit du Finsteraar dans le Lauteraar, soit du glacier inférieur de Grindelwald dans le glacier supérieur. A l'exception de l'extrémité du Mettenberg, l'arête ne tombe nulle part au-dessous de 3000 mètres de hauteur absolue. Ses points culminants sont les Lauteraarhörner et le Schreckhorn. Le petit Schreckhorn, qu'on confond souvent avec le véritable Schreckhorn, est bien moins élevé. Il n'a guère que trois mille et quelques cents mètres.

L'arête du Finsteraarhorn, qui porte la plus haute cime de la Suisse, est parallèle à l'arête précédente sur une longueur d'environ deux lieues, depuis l'Oberaarhorn, par l'Altmann, le Studerhorn, le Finsteraarhorn et le pic d'Agassiz, jusqu'au Viescherhorn, où elle se fléchit au sud-ouest pour aller se joindre au Mœnch.

La chaîne de Miselen est également parallèle à celle du Schreckhorn, dans la plus grande partie de son cours; elle est en somme moins élevée que la précédente, mais d'une continuité remarquable; le seul passage qui soit praticable d'un versant à l'autre est le col de l'Ewigschneehorn qui conduit du Lauteraar dans le glacier de Gauli; elle atteint son point culminant dans le pic du Berglistock, qui en forme en même temps l'extrémité, si toutefois l'on ne préfère envisager les trois cimes des Wetterhörner comme la continuation de cette chaîne.

La chaîne du Ritzlihorn, qui sépare la vallée de Gauli de celle de Hasli, est un large massif dont la direction est bien différente de celle des arêtes précédentes. Elle court d'abord du sud au nord, en alimentant sur son flanc oriental plusieurs petits glaciers, puis se coudant dans le pic même du Ritzlihorn, elle prend une direction du sud-sud-est au nord-nord-ouest. Ses plus hauts pics n'excèdent pas 3300 mètres. Il paraît qu'elle est d'un abord assez facile, du moins les pâtres de Gauli se rendent-ils par autant de cols différents au Rætherichsboden par la vallée de Bæchli, à la Handeck par le glacier de Bæchli, et par d'autres cols à Guttannen et à Boden.

La chaîne du Zinkenstock, dont le Siedelhorn n'est que le prolongement oriental séparé par la gorge du torrent de l'Oberaar, court d'abord de l'est à l'ouest, puis se coudant à angle droit dans l'Escherhorn, elle va rejoindre au sud le pic de l'Oberaarhorn. Je l'ai traversée en deux endroits différents, au Thierberg et au Zinkenstock. Elle atteint son maximum de hauteur dans les pics de Scheuchzer qui ont près de 3800 mètres d'élévation.

Quant au Mittelgrat nous l'envisageons moins comme une arête que comme la limite du plateau; il en est de même du Wellhorn, qui ne prend le caractère d'arête que dans son prolongement vers Rosenlaui.

Un caractère commun à toutes ces chaînes transversales, c'est d'être en général plus étroites à leur origine, près du renflement médian, et de s'élargir graduellement à mesure qu'elles se prolongent dans les régions inférieures. Par une conséquence directe et nécessaire de cet arrangement, les vallées qu'elles enclavent vont en se rétrécissant d'amont en aval. Ces vallées sont très-profondes, et contrairement à ce que l'on observe dans d'autres chaînes de montagnes, la différence entre le sommet des parois et le fond de la vallée est d'ordinaire au maximum près de l'origine de cette dernière. Ainsi, les pics du Finsteraarhorn et du Schreckhorn s'élèvent, le premier de 1800 mètres au-dessus du cirque du Finsteraar, et le second de 1500 mètres au-dessus du Lauteraar, tandis qu'à deux lieues en aval le Zinkenstock et le Siedelhorn n'ont guère que 1000 mètres sur la rivière de l'Aar. Rien de

pareil n'a lieu dans la direction du soulèvement médian. Là point de vallée profonde largement ouverte, rien que de larges plateaux couronnés ça et là de quelque grand pic. Ceci nous explique la différence qu'il y a entre la coupe CD et celle selon la ligne AB. La première étant perpendiculaire à la direction du renflement médian, il s'en suit qu'elle doit couper les chaînes qui s'adossent comme des contreforts contre ce renflement ; et comme ces chaînes sont très-élevées, il est évident qu'un profil dans cette direction doit être très-accidenté, tandis qu'une ligne tirée parallèlement à une vallée transversale, par exemple du lac Méril à la Jungfrau, pourrait ne présenter qu'une pente douce et uniforme, jusqu'au pied du plateau.

Rapports entre les reliefs généraux et les glaciers.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur une carte un peu détaillée des Alpes bernoises, pour voir que tous les principaux glaciers courent dans une même direction, au moins dans leur partie supérieure, savoir de l'ouest-nord-ouest à l'est-sud-est, ou vice versa. Telle est entre autres la direction des deux glaciers de Grindelwald, des deux grands affluents du glacier de l'Aar et du glacier de Gauli dans sa partie supérieure. Les glaciers d'Aletsch et la branche principale du glacier de Viesch suivent la même direction. Or cette direction, on se le rappelle, est perpendiculaire à celle du soulèvement médian. Il n'y a que deux glaciers de quelque importance, le

glacier de Lötsch et celui de Rosenlaui, qui soient parallèles à la direction du renflement médian. On ne saurait douter dès-lors que la forme de ces vallées transversales larges et profondes à leur origine ne soit favorable au développement des glaciers. Il n'y a même guère que les glaciers de ces vallées qui atteignent un développement considérable : ce sont les *glaciers de premier ordre ou glaciers principaux de Saussure*. Leur longueur en particulier dépend essentiellement de l'étendue des élargissements qui existent à l'origine des vallées et dans lesquels sont entassées ces provisions de neige et de glace qui servent à l'entretien de tous les grands glaciers et que nous désignons sous le nom de névés. Ceci explique pourquoi les glaciers qui ont le plus long cours, par exemple le glacier inférieur de l'Aar et surtout celui d'Aletsch, sont aussi ceux qui sont alimentés par les plus vastes névés. Le plus souvent ces névés ont la forme de grands hémicycles entourés de parois très-escarpées et presqu'à pic; c'est pourquoi on les désigne communément sous le nom de cirques (1). Si un glacier est dépourvu d'un élargissement pareil à son origine, il n'aura jamais qu'un cours très-borné, quelle que soit d'ailleurs son élévation. C'est ainsi que les quatre petits glaciers de Bæchli, d'Aelpli, d'Erlen et de Weissenbach (voy. la carte Pl. I) n'ont guère qu'une demi-lieue de longueur, et cependant leur origine à tous remonte au-delà de 3000 mètres. Ce sont des *glaciers de second ordre de Saussure*,

(1) Voyez plus haut p. 29.

ainsi que les affluents du glacier de l'Aar, dont il a été question plus haut à l'occasion du mouvement des glaciers latéraux.

Je conclus de-là que la longueur d'un glacier dépend moins de la hauteur des cimes auxquelles il se rattache que de l'étendue des névés dont il découle, quoique les deux circonstances se trouvent souvent réunies. Le glacier d'Aletsch est le plus grand de la Suisse parce qu'il l'emporte sur tous les autres par la grandeur de ses névés, et non pas parce qu'il se rattache aux deux géants des Alpes, la Jungfrau et le Mönch, car si c'était là la cause de son extension, on ne concevrait pas pourquoi il n'y aurait pas un glacier aussi considérable sur le versant septentrional. Le glacier inférieur de l'Aar, qui tient le second rang, est alimenté par les deux grands cirques de Lauteraar et de Finsteraar; le glacier de Viesch a des champs de neige et des névés proportionnés à son étendue; et quant aux glaciers de Grindelwald, la différence entre le glacier supérieur et le glacier inférieur n'est pas plus grande qu'entre les névés dont ils découlent. Aussi rien n'est plus naturel que ce rapport entre les dimensions du glacier et celles de son névé. Qui ne voit en effet que, d'après les données que nous possédons sur l'avancement des glaciers et sur l'ablation [1], une couche de névé de quelques cents mètres d'épaisseur, comme il en existe dans presque tous les cirques, doit pouvoir subir une translation notable avant de s'épuiser, surtout si le glacier

(1) Voyez p. 61 et 89.

répare dans son cours une partie des pertes que lui fait subir l'ablation, comme cela a réellement lieu par l'infiltration et la congélation de l'eau dans son intérieur. La pente n'exerce pas sous ce rapport une bien grande influence ; du moins voyons-nous partout les glaciers de faible épaisseur se restreindre à un cours très-borné, quelle que soit du reste l'inclinaison du sol sur lequel ils reposent. L'étroitesse des vallées servant de dégorgeoirs aux glaciers est d'une influence plus directe, par la raison qu'étant empêchée de se déployer sur de vastes surfaces, la glace offre moins de prise à la fonte et a par conséquent plus de chance de se conserver. La direction des vallées peut aussi avoir quelque influence, suivant qu'elle les expose plus ou moins à l'action des rayons solaires.

La distribution des glaciers suivant les versants n'est rien moins qu'accidentelle. Les plus considérables se trouvent sur le revers méridional, tandis que le revers septentrional, qu'on suppose avec raison plus froid, en a un bien plus petit nombre. Ce fait, quelque surprenant qu'il paraisse au premier abord, trouve également son explication dans la disposition générale des reliefs. Les champs de neige qui recouvrent les plateaux du renflement médian dont nous avons parlé plus haut, se déversent pour la plupart du côté du midi, barrés qu'ils sont au nord par les hautes arêtes qui bordent le renflement de ce côté. Les plus vastes névés, ceux de Lötsch, d'Aletsch, de Viesch, n'ont aucun dégorgeoir au nord. Il n'y a absolument que le plateau des Wetterhörner et en partie celui de Grin-

delwald qui se déchargent de ce côté, où ils alimentent à la fois le glacier de Rosenlaui et les deux glaciers de Grindelwald, les seuls de ce versant qui aient quelque importance. Sur toute la longue ligne qui s'étend de l'Eiger à la Blumlisalp, nous ne rencontrons aucun glacier de quelque étendue; les plus considérables sont ceux du Rottthal, encore sont-ils loin d'atteindre les dimensions des glaciers de Grindelwald.

Or si malgré leur longueur plus considérable les glaciers du versant méridional n'arrivent pas à des niveaux aussi bas que ceux du versant opposé, c'est uniquement parce que les pentes y sont plus douces et partant plus longues. Ainsi, tandis que le glacier d'Aletsch, qui a près de cinq lieues de long, cesse à environ 1300 mètres de hauteur, les glaciers de Grindelwald, dont l'un n'a guère plus de deux lieues et l'autre à-peu-près une lieue de longueur, se terminent, l'inférieur à 1002 mètres, et l'autre, le supérieur, à 1176 mètres. Sans prétendre nier d'une manière absolue l'influence de la position à l'égard du soleil, je crois qu'on aurait tort d'attribuer cette différence à la direction septentrionale des glaciers de Grindelwald, attendu que nous connaissons d'autres glaciers également septentrionaux qui, quoique plus longs, n'arrivent cependant pas à des niveaux pareils. C'est moins la hauteur que l'inclinaison qu'il faut considérer. Si le glacier de Grindelwald descend si bas, c'est parce que le couloir qui lui sert de lit est très-escarpé et la distance entre le réservoir supérieur et l'issue du glacier très-courte. Mais il n'en a pas moins une grande masse

de névé à transformer en glace et à dissoudre, et pendant cette opération qui exige un temps assez long, le mouvement propre de ses masses le porte jusqu'à ce niveau. D'après cela il est probable que si l'on transportait le glacier d'Aletsch dans le lit de celui de Grindelwald, il se prolongerait encore bien plus en avant, à raison des masses plus considérables qu'il charrie; tandis que le glacier de Grindelwald, transporté sur le revers méridional, se trouverait singulièrement raccourci et probablement ne descendrait guère au-delà de 2000 mètres.

L'étude des autres grands massifs alpins ne fait que corroborer ces résultats. En effet, nous verrons plus bas qu'il existe une opposition semblable entre les glaciers des deux versants du Mont-Blanc : ceux du versant méridional de l'Allée-Blanche et du val Ferret, quoique bien moins longs que ceux du versant septentrional (les glaciers de Chamouni) arrivent néanmoins à des niveaux presque aussi bas. Mais il ne faut pas oublier qu'aussi ici la distance est moins grande du sommet de l'arête à l'Allée-Blanche que de ce même sommet à la vallée de Chamouni.

L'ensemble de ces faits nous conduit à penser que les glaciers des Alpes ne sont pas un simple phénomène de climatologie, mais que leur forme, leur étendue et leur hauteur dépendent à bien des égards de la configuration du sol et particulièrement de la forme des vallées. Il est problable en effet, que si au lieu de commencer par de larges et profonds cirques servant de magasins aux neiges de l'hiver, les vallées alpines n'étaient à leur ori-

gine que des rigoles étroites et profondes, il est probable, dis-je, que les glaciers qui occupent ces vallées seraient bien moins puissants; ils se borneraient pour la plupart aux flancs des hautes cimes, c'est-à-dire qu'il n'y aurait guère que des glaciers de second ordre, tels que les quatre petits glaciers qui descendent sur le versant oriental du Ritzlihorn (1).

D'après cela, on pourrait en quelque sorte fixer d'avance l'étendue des glaciers qui se formeraient, si le climat venait à se détériorer dans des montagnes où les neiges ne persistent pas de nos jours. Leur cours serait d'autant plus long qu'il y aurait à leur origine plus d'espace pour que la neige pût s'y entasser. C'est dans ce sens que nous avons dit plus haut (2), en parlant du cirque du Monte-Leone, que s'il venait un jour à se combler par suite de la confluence des cinq petits glaciers qui tapissent ses flancs, le glacier qui en résulterait ne se bornerait pas au cirque, mais s'étendrait fort loin dans la vallée de Vegero. De même, si par un effet de l'abaissement de la température moyenne, les grands cirques des Pyrénées, par exemple ceux de Gavarnie, de Héas, d'Estaubé, venaient à se remplir de neige, les glaciers qui en résulteraient descendraient

(1) Les glaciers des Pyrénées appartiennent pour la plupart à cette catégorie, et probablement aussi ceux du Caucase. Peut-être conviendrait-il de conserver à ce type de glaciers à forte pente et à cours limité, le nom pyrénéen de *Serneilhes*, par opposition aux grands glaciers des Alpes.

(2) Pag. 30.

fort loin dans les vallées. Dans les conditions climatériques actuelles, il n'y a dans toute la zône tempérée que les Alpes dont les cirques se trouvent à une hauteur suffisante pour entretenir des réservoirs de glaciers, d'où nous concluons que c'est à l'effet combiné des conditions climatériques et de la structure orographique qu'il faut attribuer l'existence de ces glaciers à long cours et à pente faible que nous désignons sous le nom de glaciers principaux, et qu'on peut à certains égards envisager comme caractéristiques de la chaîne alpine. Les glaciers de second ordre ou serneilhes, plus étroitement liés aux conditions climatériques, se rencontrent partout où les reliefs dépassent la ligne des neiges éternelles.

Des différentes régions des glaciers.

Autant l'étendue et la puissance des glaciers sont indépendantes de l'état climatérique du lieu, autant les limites de leurs différentes régions, le névé et le glacier proprement dit, leur sont subordonnées, et comme elles ne sont qu'un phénomène superficiel, il en résulte qu'elles sont sujettes à toutes sortes de variations, car là même où la surface est du névé ou de la neige, il se trouve toujours de la glace compacte dessous. J'ai néanmoins cru devoir distinguer ces deux régions par des teintes différentes sur ma carte (Pl. I), parce qu'elles sont d'une importance réelle pour l'aspect extérieur des glaciers. Ainsi, tandis que la région de la glace compacte ou du glacier proprement dit présente

une surface bombée au milieu et accidentée par des moraines, des crevasses, des ravines, des tables, des cônes de gravier, etc., le névé est au contraire d'une uniformité extraordinaire et généralement déprimé au milieu. Soumise, comme elle l'est, aux caprices des saisons, la limite où l'un finit et où l'autre commence ne saurait être à la même hauteur toutes les années ; elle oscillera d'une année à l'autre suivant que la fonte aura été plus ou moins active; il y a plus, elle variera d'un jour à l'autre, et atteindra son maximun le jour où elle sera recouverte par les neiges d'automne que le soleil ne parviendra plus à fondre. J'ai pris pour base de ma délimitation l'état des glacier tel qu'il était vers l'automne de 1842. A cette époque la limite du névé avait été considérablement refoulée vers l'origine des vallées, et les montagnards ne se souvenaient pas de l'avoir vue plus haute. Depuis lors les névés ont de nouveau singulièrement empiété sur les glaciers, et celui qui aurait tracé cette même limite pendant les étés 1843 et 1844 aurait dû la rabaisser considérablement.

La position des lieux est ici d'une influence notable, suivant qu'ils sont exposés au midi ou tournés au nord, c'est pourquoi il ne faut guère s'attendre à trouver une limite régulière dans les glaciers orientés de l'est à l'ouest ou de l'ouest à l'est. Ceux-là (et nous avons vu plus haut que la grande majorité des glaciers des Alpes bernoises est dans ce cas) ont toujours une rive ombragée et une rive exposée au soleil. Il en résulte par conséquent que, dans tous ces glaciers, la limite doit remonter plus

haut du côté du soleil que du côté de l'ombre; cette différence peut s'étendre à des surfaces considérables et comprendre en même temps dans ses variations des niveaux très-différents. C'est ce dont les deux grandes branches du glacier inférieur de l'Aar, le Finsteraar et le Lauteraar, nous fournissent un exemple frappant. Là nous voyons en effet sur le Finsteraar, la limite du névé commencer à une hauteur de 2550 mètres, sur la rive droite ou ombragée, derrière le Grunerhorn, tandis que sur la rive gauche, le long du flanc méridional de l'Abschwung, la glace compacte remonte une lieue plus loin, jusque près des escarpements de la Strahleck, à 2700 mètres de hauteur. Dans le Lauteraar, la limite du névé commence immédiatement derrière rive l'Abschwung, sur la rive droite, tandis que la gauche reste à l'état de glacier jusqu'en face de l'Ewigschneehorn, comprenant aussi ici dans ses limites extrêmes une étendue de plus d'une lieue et une hauteur de près de 100 mètres. Il n'y a que les glaciers orientés au nord ou au sud où la limite du névé soit perpendiculaire à l'axe de la vallée, parce qu'ici l'une des rives n'est pas plus favorisée que l'autre. Tels sont par exemple les glaciers de Rosenlaui et de Renfen. Dans ces glaciers la limite ne remonte pas tout-à-fait aussi haut que sur la rive gauche du Finsteraar. D'après les données que j'ai pu recueillir des montagnards, les moraines y apparaissent dans les années chaudes en un endroit dont j'évalue la hauteur à environ 2600 mètres.

Le passage du névé au glacier n'en est pas moins la seule limite climatérique qu'on puisse admettre

dans les Alpes; car, quant à la ligne des neiges éternelles, telle qu'on la définit ordinairement dans les traités de météorologie, elle ne repose sur aucune base, et il y a tout lieu de s'étonner qu'on ne l'ait pas bannie depuis longtemps de la science. Ceux qui ont séjourné à plusieurs reprises dans les Alpes, auront pu faire la remarque que certaines cimes qui s'élèvent bien au-dessus de la hauteur que l'on assigne à cette prétendue limite, sont telle année complètement dégarnies, tandis que, telle autre année, elles seront couvertes d'un épais manteau de neige. Ainsi, par exemple, la neige avait complètement disparu en septembre 1842 du sommet de l'Ewigschneehorn qui ne montrait qu'une coupole de glace, tandis qu'en 1843 elle persista jusqu'à des niveaux de 1800 mètres. Une différence non moins grande règne suivant la position des localités à l'égard du soleil. J'ai cité plus haut (p. 134) l'exemple du Mieselen dont l'un des versants est verdoyant jusqu'à mi-côte, tandis que l'autre est tout couvert de neige et de glace. A moins donc d'admettre des oscillations de 500 et 1000 mètres, on ne saurait parler d'une limite des neiges éternelles sur les flancs des pics alpins. Dans les grands glaciers à pente faible ces oscillations sont bien moins importantes, et au glacier de l'Aar les extrêmes n'ont varié dans les deux étés de 1842 et 1843 que de 210 mètres. Par conséquent, quelles que soient les différences d'un été à l'autre, on pourra toujours, à 200 mètres près, savoir quelle est la limite à laquelle le névé et la neige disparaissent annuellement de la surface d'un glacier. Quant à

la limite elle-même elle est toujours tranchée, et l'observateur le moins exercé ne saurait s'y tromper. Le névé est représenté sur notre carte par une teinte bleue très-claire, le glacier par une teinte un peu plus foncée. J'ai en outre indiqué par des traits d'un bleu très-intense les crevasses, afin qu'on se fasse une idée approximative de leur répartition. Les parties très-crevassées correspondent d'ordinaire aux fortes pentes, lorsque des circonstances particulières ne s'opposent pas au crevassement. Ainsi dans les glaciers que représente notre carte, les localités les plus déchirées sont l'extrémité du glacier inférieur de Grindelwald, la partie moyenne du glacier supérieur de Grindelwald, quelques points du glacier d'Oberaar, l'extrémité du glacier de Gauli, l'affluent du grand plateau de Grindelwald qui débouche dans le Finsteraar entre l'extrémité du Mittelgrat et le pic d'Agassiz. J'ai en outre représenté par des lignes un peu plus fortes ces crevasses particulières qui se retrouvent à l'origine de toutes les pentes de neige fortement inclinées et que j'ai désignées sous le nom de *rimayes* (1). Elles se poursuivent souvent sur de grandes étendues, étant tantôt rectilignes, tantôt arquées ou coudées suivant la forme des reliefs.

M. Agassiz a distingué une troisième région dans les glaciers, celle des champs de neige qui se déploie au-dessus des névés. Ceux qui se sont élevés dans les hautes régions auront en effet remarqué qu'à mesure qu'on approche des pentes et des

(1) *Excursions*, p. 333.

terrasses supérieures, le névé, qui au milieu de la surface unie ou peu inclinée des cirques se distingue par une certaine apparence fanée et salie, perd insensiblement cet air de vétusté, et que les pentes plus inclinées par lesquelles on s'élève vers les plus hauts sommets sont en général plus blanches et plus fraîches. De loin cette différence est très-frappante et la limite entre les deux régions semble beaucoup plus tranchée qu'elle ne l'est de près; l'on remarque bien aussi quelque différence de structure : souvent la matière des champs de neige n'est qu'imparfaitement grenue, ou bien si les grains sont formés ils sont moins gros que dans le névé proprement dit; mais d'un autre côté j'ai cru remarquer que ces différences devaient être attribuées moins à la hauteur du lieu qu'à la pente; il m'est arrivé qu'après avoir escaladé une pente assez raide dont la surface avait tous les caractères qu'on assigne aux champs de neige, je retrouvais sur une terrasse ou un petit plateau situé au-dessus, à-peu-près le même aspect de vétusté qui caractérise le névé. J'aurais néanmoins indiqué sur la carte la limite approximative des champs de neige, si j'avais pu le faire sans nuire à l'effet de l'ensemble. En tous cas il faut placer leur commencement au-dessous des rimayes et comprendre dans leur domaine tout l'espace entre les rimayes des deux versants d'un massif.

Géologie du glacier de l'Aar et des massifs environnants.

Trois terrains entrent dans la composition de cette partie des Alpes bernoises que comprend notre

carte, le granit, le gneiss et le calcaire. Si malgré leurs différences minéralogiques, ces trois terrains qui se succèdent dans un ordre constant ne forment qu'un seul et même tout, c'est qu'il faut bien se rappeler que dans les Alpes le caractère pétrographique se subordonne naturellement au caractère orographique ; c'est d'après les reliefs plutôt que d'après les terrains que doivent s'établir les séparations géologiques, et c'est aussi dans ce sens que M. Studer divisera plus bas toute la chaîne des Alpes en une série de massifs [1]. Le caractère propre de ces massifs réside dans cette structure particulière qu'on désigne sous le nom de structure en éventail, et dont l'origine semble remonter au-delà du soulèvement qui a donné aux Alpes leur forme actuelle. Nul doute que dans le domaine du calcaire et du gneiss, ces lignes qui par leur tendance à converger des deux côtés vers le centre du massif constituent ce que nous appelons l'éventail, nul doute, dis-je, que ces lignes ne représentent de véritables couches. Mais comment parler de stratification dans le granit? Une pareille supposition n'est-elle pas contraire aux plus simples notions de la géologie? Aussi ne sommes-nous pas surpris des mille objections qu'elle a soulevées de la part des Plutonistes. Admettre une stratification du granit, n'est-ce pas en effet nier son origine éruptive et par là même enlever au plutonisme le plus beau fleuron de sa couronne? Dans les Alpes on a essayé

[1] Voy. *Aperçu général de la structure géologique des Alpes.*

entre autres de démontrer que ce que l'on avait pris pour des strates n'était qu'un clivage régulier résultant du refroidissement de la masse ; et tel est encore aujourd'hui le point essentiel sur lequel roule la discussion. Pour ma part ce qui me fait penser que ce sont bien des strates, c'est qu'outre leur extrême régularité elles sont encore exactement parallèles aux surfaces de contact des terrains. Enfin il est un autre trait non moins essentiel qu'il ne faut pas perdre de vue, c'est que très-souvent et en particulier dans le cas présent, le granit non-seulement ne constitue pas les reliefs les plus élevés, mais n'occupe pas même le centre de l'éventail, comme on devrait s'y attendre, s'il était réellement d'origine éruptive. Si après cela je conserve encore le nom de granit, c'est essentiellement pour ne pas jeter de la confusion dans l'esprit de mes lecteurs en me mettant en désaccord avec la première partie de ce livre et avec l'ouvrage de M. Agassiz. Le nom de gneiss-granit ou granit-gneissique, emprunté à M. Hugi et que quelques géologues voudraient lui substituer me paraît malheureusement choisi, étant empreint d'une indécision que je tiens autant que possible à éviter, surtout dans les questions controversées.

Dans la description que nous avons donnée plus haut du relief des Alpes bernoises (pag. 177), nous avons insisté sur le fait de l'exhaussement graduel du massif dans la direction de l'est-sud-est à l'ouest-nord-ouest, exhaussement qui ressort surtout du profil de la ligne AB, où, à part l'arête du Rothhorn, nous voyons le sol s'élever insensiblement depuis les environs du Grimsel jusqu'aux Wetter-

hörner. Or dans cette coupe, comme dans toutes celles qu'on ferait dans le même sens, le granit occupe les niveaux les plus bas; une quantité d'arêtes restent au-dessous de la limite des anciens polis, et parmi celles qui dépassent cette limite, il n'y en a qu'un très-petit nombre qui aillent à plus de 3000 mètres. Enfin, et c'est sur quoi j'insiste particulièrement, le granit ne prend aucune part à ce que nous avons appelé le renflement médian ; il en est même fort éloigné dans la région que représente notre carte, puisque le plateau ne commence, dans la coupe AB, qu'au Jagglisberg, c'est-à-dire au milieu du domaine du gneiss.

Le gneiss, sous ce rapport, est bien différent du granit; il ne constitue pas seulement la masse principale du renflement médian, mais les plus hauts pics des Alpes, le Finsteraarhorn, le Schreckhorn, le Rosenhorn, le Berglistock et plusieurs autres qui tous approchent et dépassent 4000 mètres, semblent s'y être donné rendez-vous. C'est dans le domaine du gneiss que se trouve la ligne de partage entre les eaux du versant septentrional et celles du versant méridional ; enfin c'est là que se trouvent les origines des plus grands glaciers des Alpes : les névés de Gauli, du Lauteraar, de Finsteraar, de Grindelwald, et plus à l'ouest ceux de Viesch, d'Aletsch, de Lötsch, etc. Le calcaire, quoique plus spécialement propre aux terrasses inférieures, s'élance aussi quelquefois à de grandes hauteurs, bien au-delà des niveaux du granit. Il va même jusqu'à rivaliser sur certains points avec le gneiss. C'est ainsi qu'aux environs du Wetterhorn nous le

voyons non-seulement prendre une large part au renflement médian, mais encore en former le point culminant dans le pic du Wetterhorn (voy. Pl. II le profil de la ligne AB).

Si nous jetons maintenant un coup d'œil sur les détails de la stratification dans la coupe A B, nous verrons qu'à la vérité les couches y sont verticales sur la plus grande étendue de cette coupe, puisque les deux points où l'on a observé une inclinaison vers le centre, (les schistes intercalés du Siedelhorn plongeant à l'ouest sous un angle de 45° et le filon de calcaire du Tossenhorn plongeant à l'est sous un angle de 32°), sont l'un et l'autre sur les confins du massif. Or il est assez curieux que le milieu entre ces deux points corresponde à-peu-près à la limite entre le gneiss et le calcaire, c'est-à-dire à la région où se trouvent les plus hauts pics, entre autres le Finsteraarhorn, le pic d'Agassiz, les Viescherhorner, etc. De quelque manière qu'on cherche à se rendre compte de ce phénomène, il paraît évident d'après la coupe A B que la position et le plus ou moins d'inclinaison des couches n'influe en rien sur les reliefs, puisque du côté d'ouest le point où les couches commencent à s'incliner vers le centre est à une hauteur de près de 4000 mètres, tandis que du côté oriental il atteint à peine 2500^{m}. Quant à la cause pour laquelle le revers occidental se dégrade si brusquement dans le pic du Wetterhorn, on pourrait peut-être la chercher dans la nature très-rigide du calcaire. Je dois cependant faire observer que la Jungfrau et le Mönch, pour être de gneiss, n'en sont pas moins escarpés du côté de la plaine.

La direction des couches mérite une attention toute particulière dans l'étude des reliefs alpins. Sur toute l'étendue de la région comprise dans notre carte les couches courent de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest, oscillant entre hor. 4 et 5 de la boussole des mineurs. Or il se trouve que cette direction est identique avec celle que nous avons assignée plus haut au renflement médian, qui s'étend du plateau des Wetterhörner, par celui du glacier de Grindelwald, les névés de Viesch et d'Aletsch, jusqu'au col de Lötsch. Il résulte de là que toute ligne tirée perpendiculairement à la direction des couches, c'est-à-dire dans le sens de la ligne AB, sera par là même perpendiculaire au renflement médian dont nous venons d'indiquer le trajet, tandis que toute ligne tirée parallèlement à la direction des couches sera dans le sens de ce même renflement.

Je ne crois pas devoir m'appesantir sur les caractères minéralogiques des différentes roches qui composent le massif que nous étudions. Le calcaire du Wetterhorn, des Engelhörner, du Stellihorn, du Mettenberg, a partout le même aspect ; il est très-homogène, à pâte fine et d'une teinte bleuâtre tirant au bleu foncé. Le gneiss présente une foule de variations depuis le simple schiste talqueux noir comme celui du col de Lauteraar d'où provient le bloc de l'ancien Hôtel des Neuchâtelois, jusqu'à la variété blanchâtre à cristaux de feldspath bien développés que charrie le glacier inférieur de Grindelwald. Cependant quelle que soit sa compacité, il n'est guère possible de le confondre avec le granit, il se trahit toujours par une certaine apparence

feuilletée ou schistoïde. Le granit n'est pas moins variable dans ses formes que le gneiss. La grande masse est à gros cristaux de feldspath. Le mica y est rare et souvent remplacé par l'amphibole, ensorte que c'est plutôt de la protogine que du granit. Sur nombre de points et en particulier dans les filons, les cristaux diminuent de volume et il en est certains où ils sont si petits qu'on dirait avoir une roche calcaire sous les yeux. Néanmoins le type du granit est toujours reconnaissable à sa compacité.

Peut-être quelques géologues n'en trouveront-ils pas moins trop hazardée la distinction que j'ai établie entre le gneiss et le granit. Je n'ignore pas qu'il existe bon nombre de points dans les Alpes où le passage entre les deux roches est si insensible qu'il est impossible de tracer une ligne de démarcation précise. Même dans le domaine de notre carte, il est des localités où le gneiss prend tout-à-fait l'apparence du granit et réciproquement; mais il faut remarquer que ce n'est jamais au contact des deux roches. On dirait au contraire que les extrêmes des deux formes s'y trouvent réunis. Le granit y est plus compacte et plus blanc et le gneiss plus micacé et plus noir que nulle part ailleurs. Aussi quoiqu'il n'existe aucune séparation entre les deux roches, et quoiqu'il soit facile de tailler au point de jonction des échantillons présentant les deux espèces, la limite n'en est pas moins très-distincte; on la poursuit depuis la base jusqu'au sommet des arêtes, aussi tranchée que je l'ai représentée dans la carte et le profil de Pl. II.

Enfin, il est un dernier caractère qui, dans les Alpes du moins, est exclusivement propre au granit, c'est sa tendance à se séparer en couches concentriques superposées semblables à de gigantesques écailles. Cette structure, que M. de Buch a décrite sous le nom de structure écaillée *(Schalenstruktur)* est très-évidente sur plusieurs points du glacier de l'Aar et, entre autres, à l'Escherhorn où l'on voit des bancs arqués, d'une continuité parfaite et d'une épaisseur de 1 à 3, 4 et 5 mètres, s'étendre sur une longueur de 20 à 30 mètres. Ces bancs sont dans un sens diamétralement opposé à celui de la stratification, comme si des soulèvements réguliers avaient eu lieu d'espace en espace au milieu des strates. Cette structure est d'autant plus développée que la stratification est plus obscure. Quelquefois elle affecte une si grande régularité qu'on la confond involontairement avec les couches véritables. C'est ce qui m'est arrivé à moi-même dans la vallée d'Oberhasli, entre Guttanen et la Handeck, où cette structure est développée sur une très-grande échelle. Quelquefois aussi la surface de ces écailles offre une ressemblance vague avec certaines roches moutonnées plus ou moins détériorées. Mais il est toujours facile de les distinguer des véritables roches polies, en ce qu'elles n'ont jamais ni sillons ni stries. Je n'en ai jamais vu dont le poli fût uniforme sur une grande étendue. Aussi croirais-je faire injure à mes compagnons d'étude, si j'essayais de les justifier du reproche qu'on leur a fait de n'avoir pas vu une structure écaillée dans les surfaces polies du Grimsel et de la Helle-Platte.

La limite entre le gneiss et le calcaire n'est pas non plus aussi tranchée qu'on le suppose d'entrée. Non-seulement elle n'occasionne point de coupure, ni de vallées au point de contact, mais souvent la transition s'effectue par des modifications insensibles, ainsi que je l'ai constaté au col de Rosenlaui. Il semble dès-lors que ces contacts n'ont eu aucune influence sur les reliefs généraux, pas plus le contact du calcaire avec le gneiss que celui du gneiss avec le granit. On dirait même qu'une influence diamétralement opposée a prévalu; car dans toute la partie du massif que représente notre carte, il n'y a pas une vallée qui corresponde aux limites des terrains. Ainsi, la limite du granit ne s'arrête pas avec l'Escherhorn, mais elle passe par l'extrémité de l'Abschwung et embrasse également l'extrémité du Mittelgrat, et pourtant ces deux points appartiennent sous le rapport orographique à deux grandes arêtes composées presque tout entières de gneiss. Les mêmes rapports existent entre le gneiss et le calcaire. Au Stellihorn le calcaire se superpose au gneiss, sans donner lieu à aucun accident orographique. Il en est de même à l'entrée de la vallée de Hasli au-dessus d'Im-Grund. Au Mettenberg la limite est également indépendante des reliefs généraux, ainsi qu'à l'Eiger. La vallée du glacier de Rosenlaui correspond bien sur une certaine étendue au contact des deux roches, mais ce n'est là qu'une coincidence fortuite; s'il en était autrement la vallée au lieu de tourner au nord pour déboucher en face des bains de Rosenlaui se prolongerait sur la limite des deux terrains. Au lieu de cela, elle passe, à l'est, dans le massif même du

Stellihorn et des Engelhörner, tandis qu'à l'ouest elle gagne les parties les plus exhaussées des Wetterhörner, passant, comme nous l'avons vu plus haut, entre le Wetterhorn et le Mittelhorn.

En tenant compte de ces faits, on ne peut guère s'empêcher de penser que la cause qui a placé ces roches dans leur position respective est antérieure au soulèvement général et surtout à la formation des vallées. Si les deux actions étaient contemporaines, on ne concevrait pas que les points de contacts n'eussent pas facilité les coupures, les glissements, les bouleversements de toute nature, comme cela a lieu dans le Jura, où les accidents les plus saillants correspondent aux contacts et aux alternances de différentes roches.

Il est un autre phénomène qu'on peut ce me semble invoquer à l'appui de cette opinion, c'est la fréquence et la disposition particulière des filons aux différents points de contact. Il y a longtemps qu'on a signalé les filons si remarquables de calcaire qui se trouvent enclavés dans le gneiss de la vallée d'Urbach. J'ai rappelé ailleurs qu'un filon semblable, quoique moins épais, et que je crois être le prolongement de celui d'Urbach, se trouve près du sommet du Tossenhorn. Or il n'est pas sans importance de faire observer que ce filon, ainsi que ceux de la vallée d'Urbach, est de marbre blanc, tandis que là où les calcaires sont seulement superposés ou juxtaposés au gneiss (et non pas enclavés) ils ont d'ordinaire conservé leur structure primitive ou bien s'ils sont altérés et noircis, ils ne sont du moins pas cristallins.

Jusqu'ici tous les géologues ont été d'accord pour attribuer cette cristallisation du calcaire à la température élevée du gneiss à une certaine époque. Mais faut-il en conclure, comme on le fait généralement, que le gneiss pour produire de pareils effets a dû être en fusion et que par conséquent il est d'origine ignée? Ici commence la difficulté. Pour notre part, nous croyons que la direction de ces mêmes filons et leur parallélisme avec les strates du gneiss, sont tout-à-fait contraires à l'idée d'une éruption. Comment en effet une esquille de calcaire comme celle du Tossenhorn ou même de la vallée d'Urbach aurait-elle pu conserver une position régulière au milieu d'une éruption aussi colossale qu'aurait dû être celle des gneiss, si jamais ils étaient sortis du sein de la terre à l'état de fusion? Evidemment cela est impossible. Il faut donc admettre que cette transformation a pu s'opérer sans le concours d'une éruption ignée, et ceci nous ramène à la théorie du métamorphisme, dont la cause nous est encore inconnue. Les filons ne sont ni moins nombreux, ni moins importants au contact du gneiss avec le granit, comme on peut le voir par la carte Pl. 2, et, chose curieuse, il n'existe pas seulement des filons de granit dans le gneiss, mais on trouve aussi sur une foule de points des exemples tout aussi bien caractérisés de filons de gneiss dans le granit. Ces derniers acquièrent même parfois un développement tel qu'on hésite à leur donner le nom de filons, par exemple celui qui passe derrière l'Escherhorn et un autre qui traverse le Grünberg sur la rive droite de l'Aar dans une

direction parallèle à la ligne de contact. Dans tous ces filons la stratification est très-distincte et les strates sont exactement parallèles à celles du granit environnant. Nous retrouvons par conséquent ici les mêmes rapports que nous venons de signaler à l'occasion des filons de calcaire. Les filons de gneiss sont au granit ce que les filons de calcaire sont au gneiss. Au premier abord, il paraît tout naturel d'envisager le granit comme une roche éruptive malgré ses traces de stratification qu'on pourrait au besoin prendre pour un clivage; mais en y regardant de plus près, on trouve que la présence des filons de gneiss offre les mêmes difficultés que nous avons signalées à l'occasion du gneiss dans ses rapports avec le calcaire. En effet on ne s'explique pas plus la présence de bancs de schiste gneissique de plusieurs cents mètres de largeur au milieu d'une éruption de granit, qu'on n'expliquerait celle de filons calcaires au milieu d'une éruption de gneiss; et ce qu'il y a de remarquable, ces filons n'existent pas seulement aux points de contact, ils se trouvent également au milieu de la masse. Or pour se rendre compte d'une pareille distribution par la théorie plutonique, il faudrait supposer en premier lieu que la stratification du granit des Alpes est illusoire, et en second lieu que cette roche a une origine toute différente de celle du gneiss. Or c'est ce qu'il est impossible d'admettre quand on connaît les rapports qui existent entre ces deux roches. Ces rapports en effet sont si intimes que pour tous ceux qui ont consacré quelque soin à l'étude des Alpes, il est évident que le gneiss et le granit ont une même ori-

gine du moins dans leur forme actuelle. Il n'y a qu'une alternative possible, ou bien ils sont l'un et l'autre d'origine éruptive, comme le veulent les Plutonistes; ou bien ce sont des roches primitivement sédimentaires, qui ont été plus ou moins altérées par la suite. Cette dernière supposition me paraît de beaucoup la plus vraisemblable, parce qu'elle fournit au moins une explication satisfaisante de la stratification des filons et de leur parallélisme remarquable avec les couches dans lesquelles ils sont intercalés. En effet, qui ne sait que lorsque deux terrains de composition chimique différente se succèdent, par exemple de l'argile et du calcaire, la succession n'est pas toujours une simple superposition, mais qu'il existe au point de contact des alternances fréquentes entre les deux roches. Si c'est le calcaire qui va succéder à l'argile on voit d'abord un petit banc de quelques centimètres se montrer au milieu de l'argile; au-dessus il s'en trouvera un second, un troisième qui seront déjà plus puissants et à la fin le calcaire finira par l'emporter complètement. On voit dans les environs de Neuchâtel des exemples nombreux de ces alternances entre les marnes bleues du néocomien et le calcaire jaune, de même entre la molasse et la gompholite, sur les bords du lac Léman. Or supposons que ces roches viennent à subir une influence générale capable de modifier complètement leur structure, il est probable qu'elles se modifieront chacune à sa manière, selon leurs propriétés physiques ou chimiques. Et s'il en est ainsi cette différence devra se révéler aussi bien dans les petits bancs intercalés

que dans les grandes masses. Les caractères pétrographiques des uns et des autres dépendra ainsi de leur structure primitive. Cela s'appliquerait surtout aux filons de gneiss dans le granit et à ceux de calcaire dans le gneiss. Seulement dans ce cas, il conviendrait peut-être de ne pas employer le nom de filons auquel on rattache ordinairement l'idée d'une origine injectée.

Quant aux filons de granit dans le gneiss, je conviens qu'ils sont moins réguliers; leur stratification est moins distincte; ils forment même parfois des zig-zags et des enchevêtrements bizarres, qui ne laissent pas de leur donner quelque ressemblance avec des filons injectés. Ils sont aussi, comme nous l'avons déjà dit ailleurs, d'un grain en général plus fin que la masse principale. Ces particularités ont été alléguées, par les partisans de la théorie plutonique, comme autant de preuves de l'origine ignée du granit, et plusieurs ont consacré à cette thèse toutes les ressources d'un grand savoir et d'une riche dialectique. Et pourtant je ne pense pas qu'en présence des faits nombreux qui réclament une autre explication, les particularités de ces filons de granit soient suffisantes pour nier le métamorphisme.

Les moraines au point de vue géologique.

Les moraines qui bordent et recouvrent les glaciers sont souvent d'une roche bien différente de celle qui constituent les rives de la vallée. C'est à la fois la conséquence et la preuve du déplacement des glaciers. Si donc, dans le domaine d'une

roche quelconque, du calcaire par exemple, on rencontre des moraines d'une autre roche, de granit ou de gneiss, on peut en conclure d'avance qu'elles ont leur origine par delà les limites du calcaire, quelques lointaines que soient ces limites. Notre carte nous offre plusieurs exemples de ces contrastes. Ainsi le glacier inférieur de l'Aar qui, à partir de l'Abschwung, est tout entier dans le granit, a des moraines composées en grande partie de blocs de gneiss, mais si l'on poursuit l'une ou l'autre de ces traînées, l'on est infailliblement conduit hors des limites du granit, soit sur les flancs du Schreckhorn, soit sur ceux du Finsteraarhorn, du Studerhorn, etc. La même chose a lieu au glacier de Grindelwald, toutes ses moraines sont de gneiss, et cependant le glacier, à son extrémité, est entouré de toutes parts de roches calcaires. De même la moraine droite du glacier de Rosenlaui est presqu'entièrement gneissique, parce qu'elle est essentiellement alimentée par les flancs du Tossenhorn. La moraine médiane de Gauli, enfin, est moitié granitique et moitié gneissique, parce qu'elle est formée de la réunion de débris de granit descendant du glacier de Hühnerthäli et de débris de gneiss venant de l'Ewigschneehorn et des pics avoisinants. C'est donc avec raison que l'on a dit qu'une moraine était un répertoire de toutes les roches d'une vallée.

Des phénomènes erratiques sous le point de vue géologique.

Ce qui est vrai des moraines actuelles s'applique également aux anciennes moraines. Il existe sur

plusieurs points de notre carte des dépôts plus ou moins considérables de roches étrangères au sol, tantôt en forme de digues plus ou moins continues, tantôt à l'état de blocs éparpillés. Ainsi, en montant sur les flancs calcaires du Mettenberg, pour se rendre à la Mer de glace de Grindelwald, on rencontre un certain nombre de gros blocs de gneiss qui ont été jadis transportés par le glacier à une époque où il se déployait autour de cette montagne. Il existe aussi des dépôts éparpillés de blocs granitiques sur la rive gauche, un peu en amont du hameau d'Unterstock. Mais le plus remarquable d'entre tous les dépôts erratiques que nous ayons a citer dans cette région, ce sont les beaux blocs de granit du Kirchet près de Meyringen que nous avons déjà signalés antérieurement ([1]). Sans former un rempart continu, ils sont cependant assez nombreux pour recouvrir un vaste espace sur le revers oriental du monticule calcaire. On dirait une nappe de blocs déposée par suite d'une fusion subite de l'extrémité de l'ancien glacier.

En somme, l'Oberland bernois n'est cependant pas la région la plus favorable pour y étudier les anciennes moraines. On peut voyager des journées entières sans rencontrer des blocs erratiques dont l'origine soit évidente. Les remparts continus ou anciennes moraines proprement dites sont encore plus rares. Je ne connais guère sous ce rapport que les moraines du glacier supérieur de Grindelwald et une moraine qui longe le flanc gauche de

([1]) *Excursions, etc.*, p. 18.

la vallée Hasli au-dessus du village de Willigen et que j'ai décrite précédemment sous le nom de moraine de Schwendy.

Mais si les anciennes moraines ne sont pas abondantes dans la région qui nous occupe, les glaciers d'autrefois n'en ont pas moins laissé des traces nombreuses de leur passage. Il n'est peut-être aucune contrée dans tout le domaine des Alpes où les surfaces frottées, les roches polies, striées et moutonnées soient plus fréquentes. Je ne reviendrai pas ici sur les nombreuses localités où l'un ou l'autre des phénomènes a été signalé. Aujourd'hui les roches usées et façonnées ne sauraient plus être envisagées comme des phénomènes exceptionnels; elles sont l'expression d'une action générale qui s'est étendue à toutes les vallées et dont les traces doivent se retrouver partout où elles n'ont pas été oblitérées par des influences postérieures. Une action aussi générale ne devait pas seulement modifier l'aspect des surfaces qui en furent affectées, la forme et les contours des montagnes devaient aussi s'en ressentir; car avant de polir et de sillonner ces immenses surfaces dont nous admirons l'aspect uniforme, le véhicule qui les a façonnés a dû préalablement enlever toutes les pièces meubles, tous les fragments délités. Or à en juger d'après les amas énormes de décombres qui sont entassés sur les hauts sommets, on conçoit que des masses aussi considérables n'ont pas pu être enlevées des flancs de ces mêmes montagnes sans que leurs contours primitifs s'en trouvent plus ou moins altérés. Cela posé, on devait admettre que toutes

les montagnes jonchées de débris meubles avaient dû échapper à l'action du glacier, à moins que ces débris ne provinssent d'éboulements récents où qu'ils ne fussent eux-mêmes des blocs erratiques. Guidé par ce raisonnement, nous avons en effet réussi à constater la limite des anciens glaciers, sur une foule de points où les surfaces polies étaient complètement altérées. Il existe telle localité où la différence est si grande entre ce qui est au-dessus et ce qui est au-dessous de cette limite, que plusieurs géologues ont cru y voir une limite de deux terrains différents.

Quant à la hauteur à laquelle s'élève cette limite, il paraît qu'elle ne dépasse pas de beaucoup 3000 mètres (1). C'est à cette hauteur que je l'ai trouvée sur les flancs des plus hauts pics des Alpes: au Schreckhorn, à l'Abschwung, au col d'Oberaar, etc. Elle s'abaisse graduellement à mesure qu'on s'éloigne des points culminants. Mais son inclinaison est bien moindre que celle des glaciers actuels, même les moins inclinés. Je ne pense pas qu'elle excède 2°; et il est certainement nombre de points sur les rives du glacier de l'Aar où elle est plus faible. Il est probable que la forme de la vallée exerçait aussi une influence sur la pente des glaciers d'alors; quoiqu'elle dût être en tous cas moindre que sur les glaciers de nos jours.

J'ai essayé de tracer d'après des observations

(1) M. Guyot a trouvé le niveau supérieur des roches polies à 2950m sur la rive gauche du glacier de Zmutt, au fond de la vallée de Saint-Nicolas.

faites sur les lieux mêmes la ligne des polis sur les deux profils AB et CD de Pl. II. Dans le premier les pics des Wetterhörner, ainsi que les aiguilles du Jagglisberg, restent tout entiers au-dessus de la limite des anciens glaciers. Le Rothhorn n'a que son sommet qui s'élève au-delà, mais l'on distingue très-bien sur son flanc méridional (du côté du glacier de l'Aar) l'endroit où commencent les roches moutonnées. La limite est ici à environ 2600^{m}. Un peu plus loin, du côté du Juchliberg, la chaîne tout entière tombe sous la limite des polis; son sommet est complètement arrondi et recouvert en plusieurs endroits de blocs erratiques qui sont comme posés au bord de l'escarpement. Enfin, les flancs de la vallée de l'Aar, aux environs du Grimsel, sont si parfaitement polis et usés, qu'ils n'échappent pas même à l'attention des touristes. Au-delà de l'Aar du côté de l'est, les sommités les plus voisines restent pour la plupart au-dessous de la limite des polis, et il n'y a plus guère que l'extrême sommet du Siedelhorn qui la dépasse.

Sur le profil C D, la ligne des polis n'offre pas une pente aussi sensible, parce que ce profil n'est pas, comme celui, selon A B, dans le sens de la pente générale. Néanmoins elle est plus haute sur l'Abschwung que sur le Hangendhorn et le Ritzlihorn, évidemment parce que ces deux derniers massifs sont plus éloignés du renflement médian, qui a dû être le point de départ des anciens glaciers, comme il l'est encore de ceux de nos jours.

LES GLACIERS ET LE TERRAIN ERRATIQUE DU REVERS MÉRIDIONAL DU MONT-BLANC.

Par M. Agassiz.

A mesure que l'on étudie sur une plus grande échelle les faits relatifs à la question des glaciers, on découvre dans chaque contrée des particularités distinctives qui leur sont propres et que l'on chercherait en vain ailleurs avec les mêmes développements. C'est ainsi que les vallées qui aboutissent aux massifs de l'Oberland bernois et du Saint-Gothard sont surtout remarquables par l'extension qu'y prennent les surfaces polies et par la netteté avec laquelle on distingue même leur limite supérieure. Dans la chaîne du Mont-Blanc ces phénomènes sont moins sensibles, mais en revanche les moraines y sont plus considérables et surtout plus continues et mieux conservées; d'où il résulte que pour se faire une idée complète de l'action des anciens glaciers dans l'intérieur des Alpes, il est indispensable d'en visiter successivement les différentes chaînes. Le souvenir des faits que j'avais observés à plusieurs reprises, antérieurement à 1840, dans les montagnes du Chablais et du Bas-Valais, m'engagea à les visiter de nouveau l'été dernier. Après avoir étudié pendant plusieurs années consécutives

les glaciers de l'Oberland bernois, après avoir comparé les faits analogues que l'on rencontre en Ecosse, en Irlande, en Angleterre, dans la Forêt-Noire, dans le Jura et dans une foule d'autres localités, j'attachai surtout de l'importance à revoir les lieux d'où devait être partie, d'après une théorie justement célèbre, la grande débacle qui devait avoir dispersés les blocs erratiques sur une grande partie de la Suisse occidentale. Je visitai d'abord l'Allée-Blanche. Dès qu'on a traversé le col de la Seigne et qu'on est descendu dans le fond de la vallée, on remarque en aval du glacier de l'Allée-Blanche, placées à travers la vallée, d'immenses moraines qui datent évidemment de l'époque où les deux glaciers qui sont en face se réunissaient pour atteindre le versant opposé, comme le fait encore de nos jours le glacier du Miage; ces moraines sont coupées par le torrent et c'est le long de leur tranche que serpente le sentier qui conduit au lac de Combal qui est barré lui-même par d'anciennes moraines du glacier du Miage recouvertes de mélèzes. En voyant l'immense accumulation de blocs qui sont épars dans le fond de cette vallée, on ne saurait douter qu'à une époque antérieure tous les petits glaciers du haut de la vallée n'aient atteint celui du Miage et formé une grande mer de glace semblable à celle du Montanvert. On pourrait même comparer la partie du glacier du Miage qui descend des arêtes occidentales du Mont-Blanc au glacier du Talcul, tandis que sa partie inférieure correspondrait au glacier des Bois, et les glaciers en amont du lac de Combal à ceux de Léchaud et du Talèfre.

Le glacier de la Brenva est surtout remarquable par la manière en laquelle il redresse son flanc méridional contre la paroi opposée de la vallée, en descendant obliquement vers Entrèves. L'angle de la montagne contre laquelle il s'appuyait au sud lorsqu'il était plus étendu, est couvert aujourd'hui par les débris de ses anciennes moraines; on remarque aussi en maint endroit des traces d'un poli admirable avec des stries très-distinctes dirigées vers Courmayeur et orientées de telle manière qu'elles coupent presque à angle droit les têtes de couches du calcaire noir sur lesquelles elles sont tracées. Le galet composé de fragments de calcaire et des roches primitives sur lequel reposait le glacier lorsqu'il atteignait encore la gorge qui descend à Courmayeur, est rayé comme l'est tout galet glaciaire. On voit en outre sur le flanc occidental de la vallée les traces d'une grande moraine granitique en descendant du côté de Courmayeur. C'est donc par ce couloir que s'échappaient jadis les glaces réunies des vallées de l'Allée-Blanche et de Ferret lorsqu'elles étaient assez élevées pour ne former qu'un seul glacier. Les différentes moraines plus ou moins bien conservées que l'on aperçoit encore dans l'une et l'autre vallée n'indiquent que les points d'arrêts des différents glaciers, lorsqu'ils se sont retirés dans les limites qu'ils occupent maintenant.

En remontant d'Entrèves vers la vallée de Ferret, on aperçoit au-dessus du village, deux glaciers descendant du Mont-Maudit, qui ont dû être jadis réunis. A cette époque ils avaient pour rempart les grandes moraines concentriques que traverse

le chemin de Ferret et sur lesquelles sont construits les chalets du hameau de Chapiou. Un peu plus haut, en face du hameau de Neron qui repose sur une colline couronnée de blocs erratiques, on aperçoit deux autres glaciers qui ont sans doute déposé ces blocs lorsqu'ils traversaient la vallée, et au Pont on remarque une grande moraine frontale qui leur doit sans doute aussi son existence. Mais c'est en amont de Présec que se trouve la plus belle de ces moraines terminales ; elle forme une immense ceinture de blocs granitiques en face du glacier de Frebouge à un quart de lieue de son extrémité actuelle. L'origine de cette ceinture de blocs est si évidente, qu'il suffit de l'avoir vue pour rester convaincu que c'est une ancienne moraine déposée par le glacier qu'elle embrasse encore à distance.

Le haut de la vallée offre des faits encore plus surprenants au point de vue erratique. A plus d'une demi-heure de distance du glacier de Triolet qui est suspendu au fond de la vallée et qui descend du mont d'Olan, on aperçoit successivement une série de ceintures de blocs placées en travers de la vallée et coupées elles-mêmes par le torrent qui descend du glacier. Ces amas de blocs nettement circonscrits sont couverts d'une forte végétation arborescente, de véritables forêts de sapins séparées par des bandes de terrains plats dont l'aspect contraste d'autant plus avec les parties boisées, que leur surface est marécageuse et garnie seulement de carex, de joncs et de plantes herbacées. La ceinture la plus éloignée du glacier a environ dix minutes de large et s'étend à travers toute la vallée, en s'ap-

puyant latéralement sur ses deux versants par des anses ascendantes. Vient ensuite un espace plat que l'on parcourt facilement en deux à trois minutes et qui est limité en amont par un rempart étroit et continu du côté méridional de la vallée, mais coupé et démantelé par le torrent du côté septentrional. A ce rempart succède de nouveau un fond plat de deux à trois minutes de large, en amont duquel se trouve une autre ceinture de blocs également adossée au flanc méridional de la vallée et coupée par le torrent du côté opposé. Puis vient un espace d'au moins dix minutes d'un fond plat moins régulier, jonché par-ci par-là de blocs, couvert de forêts, et bordé en amont par une nouvelle digue d'immenses fragments dont on ne saurait méconnaître la liaison avec les glaciers qui sont un peu plus haut. Quand on a atteint ce point de la vallée, on se trouve en face d'un immense promontoire qui sépare deux glaciers, dont l'un situé au sud et à l'est du promontoire est le glacier de Triolet que l'on aperçoit déjà avant d'entrer dans le domaine des moraines qui viennent d'être décrites et dont on est encore éloigné de près d'un quart d'heure. Le glacier d'Anneron, qui est au nord et à l'ouest du promontoire et que l'on n'aperçoit pas du fond de la vallée, descend d'une gorge profonde; toute sa surface est jonchée de débris de rochers. Son extrémité qui se jette en travers de la vallée est bordée d'une immense accumulation de blocs formant une des plus belles moraines terminales que j'aie vues, quoiqu'elle se confonde en grande partie avec les blocs épars à la surface du glacier. Toutes les moraines

de ce glacier sont si fraîches et si entièrement dépourvues de végétation, qu'elles contrastent singulièrement avec celles du fond de la vallée, ainsi qu'avec les débris de celles du glacier de Triolet qui sont adossés en face, contre le versant méridional de la vallée. Pour quiconque a l'habitude des glaciers, il est évident que celui d'Anneron a pris à une époque relativement récente un grand accroissement, et qu'il a empiété sur le terrain qu'occupait jadis celui de Triolet. En présence de la configuration du sol et de l'étroitesse de la vallée d'Anneron, ce fait paraîtrait inexplicable si le souvenir des habitants de la vallée ne venait nous en donner la solution. Il y a un siècle environ, il se fit un éboulement au fond de la grande vallée, et toute la partie moyenne du glacier d'Anneron fut couverte de débris. Protégé dès-lors contre les effets des agents atmosphériques, ce glacier n'a plus été exposé à une ablation annuelle aussi forte qu'auparavant, et il a ainsi envahi successivement le fond de la vallée qu'il n'atteignait pas auparavant. L'on peut encore maintenant suivre des yeux une traînée de blocs qui est comme la queue de l'avalanche et qui forme aujourd'hui une petite moraine médiane en amont de la masse de décombres qui couvre l'extrémité du glacier. Or, d'après les expériences qui ont été faites au glacier de l'Aar sur l'ablation, il est évident qu'un glacier entièrement couvert de décombres, doit parcourir un trajet plus considérable proportionnellement à sa masse que ceux qui charrient moins de débris.

Le promontoire qui sépare le glacier de Triolet de celui d'Anneron est poli à une très-grande hauteur; le niveau des polis paraît s'élever ici au-dessus du niveau du col de Ferret, mais la limite n'en est pas nettement marquée.

Après avoir traversé le col de Ferret pour redescendre dans la partie de la vallée de Ferret qui débouche à Orsières dans celle d'Entremont, on aperçoit encore une immense moraine au-dessus du hameau du grand Ferret en face du glacier, et une seconde, concentrique à la première, plus près du glacier. Mais c'est sans contredit dans les environs de la pointe d'Ornex, près de cette même montagne dont l'auteur d'une autre théorie faisait partir le choc qui devait avoir imprimé aux courants diluviens leur vitesse inouïe, qu'on rencontre les phénomènes les plus importants pour l'étude du phénomène erratique. La gorge par laquelle descend le glacier d'Ornex aboutit à une plaine gazonnée, autour de laquelle s'étend, comme un immense rempart, une moraine d'une centaine de pieds de hauteur. Cette moraine, éloignée d'une demi-lieue du glacier actuel, décrit un arc dont la convexité repousse le lit du torrent contre le flanc oriental de la vallée; elle s'arque ensuite en aval pour se raccorder avec les mammelons du côté opposé, et l'on ne saurait douter que la solution de continuité qui existe en cet endroit dans le rempart morainique ne soit due à l'action des eaux qui s'échappent du glacier. Or il est évident que si jamais une débacle, ne fût-elle pas plus considérable que celle de la Dent-du-Midi qui a barré la vallée du Rhône en 1835,

était sortie à une époque antérieure de la vallée d'Ornex, il n'existerait plus un vestige de la moraine que je viens de décrire. Il faut donc admettre, et on ne peut se refuser à ce dilemme, ou que jamais la gorge d'Ornex n'a été remplie par les décombres d'un pareil cataclysme, ou que s'il a eu lieu, le glacier d'Ornex a pris depuis une extension colossale, et s'est étendu en dehors de ses limites actuelles à une distance et avec une extension que les défenseurs de la théorie des courants refusent à tous les glaciers dans l'époque actuelle.

Quant aux glaciers actuels du revers méridional du Mont-Blanc, quoique se rattachant aux géants des Alpes, ils ont cependant tous un cours assez limité comparativement à ceux du revers septentrional, quoiqu'ils ne cessent pas à des niveaux bien supérieurs. C'est, comme l'a démontré M. Desor, à la configuration des reliefs qu'il faut attribuer ces différences.

APERÇU GÉNÉRAL DE LA STRUCTURE GÉOLOGIQUE DES ALPES.

Ceux de mes lecteurs qui ont pris quelque intérêt aux glanures géologiques que j'ai introduites par-ci par-là dans les récits de nos différentes courses, ne seront sans doute pas fâchés de les voir complétées par un aperçu général de la structure des Alpes sous le rapport orographique et géologique. Peut-être aurais-je même dû commencer mon livre par là. Si je ne l'ai pas fait, c'est par un motif que je ne crains pas d'avouer, parce que j'avais la conscience de l'insuffisance de mes propres lumières dans un champ aussi vaste. En effet, ne fait pas qui veut l'histoire géologique des Alpes. Il est vrai qu'une foule de gens s'en sont mêlés; il n'est aucun géologue systématique qui n'ait trouvé dans les Alpes la confirmation de ses théories les plus hasardées, tant il y a ici abondance de phénomènes extraordinaires. Mais l'observateur scrupuleux acquiert la conscience de son impuissance à dominer ce vaste ensemble, dès qu'il en a franchi les premiers gradins. Quel mécompte n'éprouve pas par exemple le géologue jurassien lorsqu'il veut

essayer d'appliquer aux Alpes ses idées de parallélisme des chaînes et de superposition des roches! Au lieu de ces voûtes uniformes, de ces vallées longitudinales régulières, de ces cluses ou découpures transversales dans lesquelles les couches s'observent toujours dans le même ordre et qui permettent de reconnaître de loin, aux contours des montagnes, la roche dont elles sont composées, en un mot, au lieu de cette régularité presque systématique qui est le caractère des monts Jura, il ne rencontre ici qu'un labyrinthe sans fin, et bientôt ses idées sont aussi bouleversées que les massifs qu'il a devant lui. Entre-t-il dans une vallée qu'il croit être une vallée longitudinale intermédiaire entre deux chaînes, il est bientôt surpris de voir que les couches, au lieu de remonter de chaque côté vers les parois de la vallée, n'ont entre elles aucune corrélation : la paroi qui est à sa gauche aura des couches presque horinzontales, tandis qu'à sa droite les couches plongeront sous un angle très-fort. Gravit-il une montagne à strates distincts et inclinés avec l'intention de descendre par le revers opposé, il sera tout étonné, en arrivant au sommet, de voir que ce revers opposé n'existe pas : il se trouve au bord d'une paroi verticale, et les massifs qu'il a devant lui n'ont plus aucune analogie avec ceux qu'il vient d'explorer. S'applique-t-il à reconnaître la position d'une couche par rapport à une autre, afin d'en connaître l'âge relatif, il sera fort surpris de voir tout-à-coup celle qu'il avait cru l'inférieure, affecter une position inverse, et de sous-jacente qu'elle était devenir sus-jacente. L'induction par analogie

est par conséquent ici complétement inapplicable, et l'on se voit en quelque sorte obligé de conquérir pas à pas la connaissance de ce vaste système.

Pénétré de mon insuffisance, je me résignais à être incomplet plutôt que de courir le risque d'être inexact, lorsqu'une main amie est venue m'offrir le moyen de combler cette lacune. En publiant l'exposé suivant de la géologie des Alpes, je me trouve à-peu-près dans la position d'un homme à qui une heureuse alliance a fourni le moyen d'agrandir et d'enrichir son domaine. Voici à quelle circonstance je dois cette bonne fortune. Pendant l'un de nos séjours au glacier de l'Aar, nous eûmes le bonheur de compter MM. Studer et Escher au nombre de nos visiteurs. Ils venaient passer quelques jours avec nous pour assister à nos recherches; mais ils étaient à peine arrivés au Grimsel qu'une abondante chute de neige interrompant le cours de nos observations, nous força de quitter l'Hôtel des Neuchâtelois et de gagner l'hospice, où nous nous trouvâmes réunis une dizaine de naturalistes sous le toit hospitalier de M. Zybach, attendant que la neige eût de nouveau disparu. En pareille occasion, il était d'usage parmi nous que l'un ou l'autre fît une communication sur un sujet scientifique quelconque. M. Studer fut d'emblée invité par toute la société à nous faire une leçon sur les Alpes. Les instances de M. Agassiz, auxquelles s'associa le gouverneur de Neuchâtel, M. le général de Pfuel qui fut des nôtres pendant plusieurs jours, finirent par vaincre ses scrupules, et avec cette clarté parfaite qui n'appartient qu'à ceux qui possèdent en entier leur sujet, notre ami

nous fit l'exposé suivant de la structure des Alpes. J'avais pris des notes, avec l'intention de les utiliser pour les Comptes-Rendus que je pourrais être appelé à publier de l'expédition de cette année. Mais rien n'est difficile comme de faire le résumé d'un résumé ; je pris alors le parti de m'adresser à M. Studer lui-même, en le priant de vouloir bien rédiger sa leçon. C'est à quoi il a bien voulu se prêter, y ajoutant même la coupe explicative ci-jointe (1), qu'il avait dessinée à grands traits sur les parois de la grande salle de l'hospice du Grimsel.

Aussi bien, nul mieux que M. Studer n'était à même de faire un résumé pareil. Après les efforts que firent au commencement de ce siècle les plus grands géologues de notre époque, pour arriver à la solution du problème si compliqué de la formation des Alpes, M. Studer entreprit la tâche laborieuse et difficile de nous faire connaître les détails de leur structure en étudiant monographiquement les diverses parties de ce vaste ensemble. Chaque année, depuis plus de vingt ans, le savant professeur de Berne se met en route, le marteau à la main, pour explorer spécialement une vallée ou un massif particulier, et depuis près de dix ans il consacre à cette étude la plus grande partie de la belle saison. Après avoir publié son ouvrage classique sur la molasse de la plaine suisse, M. Studer nous a exposé successivement la structure des divers massifs des Alpes bernoises et de celui de Davos dans les Grisons. Plus tard M. Escher de la Linth fils s'est as-

(1) Voyez Pl. III, fig. 1.

socié à ses travaux, et, il y a quelques années, nous avons vu paraître dans les *Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles* l'ouvrage capital sur la géologie des Alpes, la description géologique des Grisons, fruit des investigations communes des deux amis pendant cinq années consécutives.

Il appartenait à des géologues suisses de nous initier, en partant de l'analyse, au plan de l'organisation du système alpin, après que tant d'autres avaient inutilement tenté de le construire par la théorie. La géologie des Alpes est peut-être de toutes les sciences celle qui exige de la part de ses adeptes la plus grande abnégation, et le géologue qui pénètre dans ce domaine doit en quelque sorte faire table rase de toutes les idées qu'il peut avoir empruntées à d'autres systèmes, s'il ne veut pas assister d'entrée à leur défaite. Or, pour qu'une tâche semblable ne soit pas accablante, il faut aimer les Alpes et pouvoir s'arrêter avec complaisance aux moindres détails de leur structure. Une fois engagé dans une série d'observations, le géologue s'y livre alors sans s'inquiéter des résultats auxquels il sera conduit en définitive. Le but systématique lui échappe; il a assez à faire à observer les mille phénomènes variés que le sol déploie avec profusion sous ses yeux, il veut les connaître et s'habitue ainsi à rechercher la vérité pour elle-même. C'est ainsi que de Saussure étudiait jadis les Alpes; c'est ainsi que MM. de Buch, Élie de Beaumont, Studer et Escher ont procédé de nos jours.

Résumé de M. Studer (1).

Une ancienne théorie généralement admise autrefois et encore fort accréditée de nos jours, parce qu'elle s'appuie sur l'autorité de Saussure et d'Ebel, représente nos Alpes comme composées de chaînes parallèles étagées d'après leur hauteur et dont la plus élevée, qui est censée occuper l'axe du système, serait couverte de neiges éternelles dans toute son étendue, à l'exception de quelques cols. Quelques-uns des passages les plus fréquentés des Alpes sont, en effet de nature à favoriser cette opinion, et notre esprit, toujours plus ou moins enclin à systématiser, se persuade facilement que c'est le même grand partage d'eau que nous franchissons du sud au nord, que nous traversions le Saint-Gothard, le Brenner ou les Tauern du Tyrol. Il suffit cependant de jeter un coup d'œil sur une carte de Suisse pour se convaincre qu'il en est autrement dans la réalité, et dans beaucoup de cas, le voyageur serait fort embarrassé si on lui demandait de quel côté de l'axe central il se trouve. Je citerai comme exemple le Maloja dans l'Engadine supérieure : la Maira, qui se jette dans le Pô est éloignée de quelques minutes seulement du lac de Sils d'où s'échappe l'Inn; elle est également voisine de la source d'une troisième rivière qui se jette dans le Rhin. C'est par conséquent, là le véritable partage d'eau entre la Méditerranée, la mer Noire et la mer du Nord; et cepen-

(1) Cette seconde édition du Résumé de M. Studer a été revue et corrigée par l'auteur. D.

dant le massif qui alimente ces sources n'est rien moins qu'un géant, il porte à peine quelques taches de neige sur son sommet, tandis qu'au sud s'élèvent de gigantesques cimes recouvertes par les glaciers du Bernina, qui rivalisent en hauteur avec les plus hautes sommités de la chaîne bernoise. Le voyageur qui se rendrait du Grimsel par le glacier d'Oberaar à Viesch, c'est-à-dire des sources de l'Aar à celles de l'un des affluents du Rhône, et qui, le lendemain, traverserait dans une voiture commode le Simplon, ne manquerait pas de croire que c'est le premier jour qu'il a franchi le partage d'eau et traversé la chaîne centrale. Le même voyageur jugerait tout différemment si, pour se rendre en Italie, il avait franchi le premier jour le passage de la Gemmi et le second jour le col de Saint-Théodule.

L'idée d'une chaîne centrale flanquée de chaînes secondaires parallèles ne saurait plus être défendue de nos jours. Les Alpes se divisent bien plus naturellement en une série de *groupes* formant autant de masses centrales distinctes, qui courent pour la plupart dans une même direction, mais qui souvent aussi se maintiennent, les unes à l'égard des autres, dans une direction oblique, ou bien sont disposées comme les cases d'un échiquier autour d'un axe idéal, semblables à-peu-près aux différents cônes cratériques d'une même zône volcanique. Les espaces intermédiaires entre les masses centrales contiennent des terrains particuliers dont la nature minéralogique diffère de celle des masses principales. C'est dans ces terrains que sont creusées la plupart

des vallées intérieures des Alpes, et c'est à eux que correspondent aussi la plupart des cols. Les terrains secondaires, tels que les calcaires, les schistes et les grès, étendus le long du bord septentrional et en partie le long du bord méridional des hautes Alpes, sont intimément liés aux terrains propres des vallées intérieures, témoin les roches des vallées de Frutigen et de Gessenay qui se continuent sans interruption jusqu'en Valais, s'étendant même à l'est, par la Nuffenen, jusqu'au revers méridional du Saint-Gothard, et au sud, par le grand Saint-Bernard et les passages avoisinants, jusqu'en Tarentaise. De même aussi, les calcaires et les schistes de Coire et du Prættigau, s'étendent au sud par dessus l'axe des Alpes, dans l'Engadine supérieure et jusqu'à Bormio, pour se réunir aux calcaires des Alpes de l'Ortles, après avoir traversé tout le système alpin.

Dans l'état actuel de nos connaissances, il n'est pas encore possible de déterminer les limites de toutes les masses centrales du système des Alpes. On reconnaît cependant dans la partie qui nous avoisine six massifs principaux qui sont :

1° *Le massif du Mont-Blanc*, s'étendant du col du Bon-Homme jusqu'à Salion en Valais, et limité par les vallées de Chamouni et d'Entrèves.

2° *Le massif des Aiguilles-Rouges*, situé plus au nord, surgissant près de Servoz et allant mourir près de Lavey, au-dessous de la Dent-de-Morcles.

3° *Le massif du Simplon*, qui s'élève du fond du Val-d'Anniviers, atteint ses points culminants dans la Dent-Blanche, le Weisshorn, les Dents de Mi-

schabel, traverse la route du Simplon entre Persal et Algaby, et se prolonge par la chaîne qui sépare la vallée de Binnen des cirques de Veglia et de Dever et par les montagnes peu connues qui renferment les sources de la Maggia jusqu'à la Val-Leventina.

4° *Le massif du Saint-Gothard,* s'étendant d'Aernen, dans le Haut-Valais, jusqu'aux environs de Trons dans la vallée du Rhin antérieur, et limité au sud par le Val-d'Airolo.

5° *Le massif du Finsteraarhorn,* le plus puissant de tous et celui qui exerce l'influence la plus prépondérante sur le relief du sol helvétique. Le passage de la Gemmi et celui de Kisten à l'est du Tœdi peuvent être envisagés comme ses limites extrêmes. Le col du Grimsel, d'Imgrund à Obergestelen, et la route du Saint-Gothard, d'Amsteg jusqu'à Urseren, le traversent dans toute sa largeur. Le voisinage du massif du Saint-Gothard et l'éloignement des autres massifs déterminent cette symétrie frappante des Alpes suisses à l'est et à l'ouest du Saint-Gothard(1).

6° *Le massif du Selvretta,* qui s'étend à l'est de Bergun, dans les Grisons, jusqu'aux environs de Landeck, en Tyrol.

Ces massifs ne sont pas seulement remarquables à cause des immenses glaciers qu'ils alimentent, et dont l'étude a acquis un si grand attrait depuis les

(1) C'est à ce massif qu'appartient la partie des Alpes bernoises qui est comprise dans la carte et dont nous avons décrit plus haut la structure. D.

travaux de MM. de Charpentier et Agassiz, mais encore par la nature et la structure de leurs roches. Leur masse principale se compose de roches appelées autrefois primitives, savoir : de schiste micacé ou talqueux, de gneiss, de gneiss granitique ou granit veiné de Saussure, de granit gneissique et de protogine. Le feldspath de ces roches est généralement blanc, souvent porphyrique en grands cristaux maclés; le mica a peu d'éclat et est presque toujours mélangé de talc; le quarz est en grains de moyenne grosseur, d'une teinte grise, ou bien il forme avec de très-petites paillettes de feldspath, des parties sableuses d'une finesse extrême.

La direction des couches, qui sont généralement très-inclinées, est conforme à la direction de la masse centrale. Des deux côtés, les couches plongent vers l'axe central, et leur inclinaison est d'autant plus forte, qu'on s'élève davantage sur leurs flancs, jusqu'à ce qu'elles deviennent tout-à-fait verticales. On dirait un éventail ouvert vers le sommet. La roche des couches verticales est en général du granit gneissique, c'est-à-dire une roche tellement voisine du vrai granit qu'on n'en aperçoit la stratification qu'en grand et lorsqu'on l'examine à distance. Dans les couches inclinées des flancs, les gneiss alternent avec d'autres roches et présentent souvent des assises de plusieurs mille pieds d'épaisseur. Parfois aussi le granit gneissique reparaît ici en sous-ordre. En montant au Grimsel par la vallée de Hasli, on voit les couches de gneiss et de schiste micacé, qui forment les parois de la vallée, plonger au sud jusqu'au delà de Guttannen, où elles font

place à un granit gneissique dont les strates deviennent peu à peu verticaux. A Guttannen déjà, près de l'hospice et au sommet du col, la roche a tout-à-fait l'apparence du vrai granit; ses couches sont verticales, et ce n'est qu'en descendant à Obergestelen qu'on voit les strates plonger au nord. Cette inclinaison nord s'aperçoit d'une manière plus distincte sur plusieurs points du passage de la Fourche et dans le Galenstock, vu du sommet du col du Grimsel (1).

Les roches qui occupent l'espace entre les divers massifs sont en général très-uniformes. La roche dominante est le *flysch,* c'est-à-dire un schiste argileux gris ou noir, faisant passage au mica-schiste ou talc-schiste, souvent siliceux et passant à un grès de couleur foncée, grossièrement schisteux; quelquefois il devient aussi très-calcaire et passe au schiste calcaire. Toutes ces variations de flysch alternent entre elles et renferment parfois de puissantes assises calcaires ou dolomitiques, qu'accompagnent aussi souvent des masses gypseuses. Elles contiennent, dans les Grisons, des fucoïdes qui paraissent identiques avec le *F. intricatus* Br. des bélemnites indéterminables jusqu'ici, et des anneaux de pentacrines. Les bélemnites sont même assez fréquentes dans les schistes de la Nuffenen. M. Escher en a trouvé, en 1842, au col de la Four-

(1) De Saussure et après lui Necker ont reconnu cette structure en éventail dans le massif du Mont-Blanc; Escher de la Linth père l'a signalée au Saint-Gothard; enfin, elle ressort d'une manière frappante des beaux profils que M. Lardy a publiés des roches du Saint-Gothard.

che. M. Lardy possède une ammonite des schistes de Salvent, entre le massif du Mont-Blanc et celui des Aiguilles-Rouges. Cette même ammonite se trouve ailleurs dans le Jura moyen ou corallien. Sur le revers occidental de la Dent-de-Morcles, aux cols de Balme et des Ouches, en Tarentaise et en Dauphiné, ces schistes s'associent à des grès noirs à anthracite qui renferment des empreintes de fougères que l'on n'a pas encore pu distinguer de celles du terrain houiller.

Lorsque les masses centrales sont très-écartées, comme c'est, par exemple, le cas dans les Grisons et en Valais, le flysch acquiert une puissance extraordinaire, et forme à lui seul de hautes chaînes et de grands massifs. Il subit en même temps des transformations notables qui semblent être intimement liées à l'apparition des serpentines, et rendent dans beaucoup de cas la détermination minéralogique de la roche fort difficile. La teinte des schistes et des grès passe au verdâtre; le talc et l'épidote commencent à se développer; peu à peu la masse passe à des schistes talqueux ou chlorités; la stratification se perd, et l'on se voit enfin en présence de diorites de roches d'épidote et de spilites, sans que le plus souvent il soit possible de tracer une limite entre les schistes verts, les roches aphanitiques, la serpentine et le gabbro; et cependant on s'assure facilement sur la route du Saint-Bernard, dans la vallée de Bagnes et dans la plupart des vallées méridionales du Valais, ainsi que dans l'Oberhalbstein (Grisons), que ces schistes verts si répandus ne peuvent être séparés du flysch gris ordinaire.

C'est à ce même terrain des schistes verts qu'appartiennent les pierres ollaires que l'on exploite sur plusieurs points du Valais et des Grisons.

Lorsqu'au contraire les masses centrales sont très-rapprochées, comme par exemple celles du Finsteraarhorn et du Saint-Gothard, le flysch se trouve réduit à une zône étroite; il disparaît même parfois complétement, ou du moins il n'est représenté que par quelques lambeaux dans le schiste micacé et le gneiss. Dans ce cas, le calcaire est ordinairement transformé en marbre blanc ou coloré, ou bien en dolomie, et les schistes deviennent luisants, très-purs et affectent toutes sortes de teintes rouges, brunes, vertes, etc.

Les rapports de gisement entre le flysch et les roches des masses centrales sont difficiles à préciser : ordinairement on voit le flysch et un calcaire grisâtre surgir sous les masses centrales et former ainsi la base la plus profonde du système alpin qui soit visible à l'extérieur. Au-dessus du flysch reposent des schistes micacés ou des quartzites gneissiques qui occupent souvent une étendue de plusieurs lieues; et par-dessus ceux-ci le véritable gneiss. Peu à peu la stratification, d'abord parallèle à celle du flysch, se redresse, devient verticale, et finit par affecter une inclinaison toute contraire sur le revers opposé du massif, où l'on voit de nouveau apparaître, sous les derniers schistes cristallins, les schistes marneux et les calcaires grisâtres ordinaires. Le plus souvent, cependant, la limite entre les schistes du flysch et les schistes micacés est tellement vague qu'il est impossible de

dire où les uns finissent et où les autres commencent : le flysch devient en général luisant, il affecte des teintes bigarrées, et l'on voit apparaître dans son intérieur des masses de vrai schiste micacé et de quartzite; l'on se croit déjà au milieu des masses centrales, lorsque apparaissent de nouveau soudain le flysch et les schistes calcaires, et ce n'est souvent qu'après avoir cheminé des heures entières au milieu de ces alternances, que l'on acquiert enfin la certitude que l'on est entré complétement dans le domaine des roches cristallines.

Les choses se passent différemment au contact des masses centrales avec les puissants dépôts calcaires et schisteux qui les entourent au nord. La roche qui touche les assises secondaires n'est pas ordinairement du schiste micacé, mais un quartzite indistinctement schisteux, contenant parfois du feldspath, et dont la stratification n'est bien distincte que vers l'intérieur de la masse centrale, là où il se transforme en vrai gneiss ou en granit gneissique; ses couches deviennent alors verticales ou bien elles plongent au sud. Les roches de sédiment sont en stratification discordante avec ce quartzite; elles sont inclinées au nord, et leurs couches, qui suivent la pente extérieure du gneiss, plongent d'abord sous des angles très-forts; puis perdant de leur inclinaison, elles deviennent horizontales à mesure qu'elles s'éloignent de la masse centrale, pour se relever de nouveau au nord, de manière qu'elles affectent en réalité la forme d'un vaste bassin à fond plat. Par suite de la stratification discordante du gneiss et du calcaire, ces deux roches sont ordinai-

rement séparées par une vallée, dont l'une des parois remonte vers les régions glacées de la masse centrale, offrant, au moyen de profondes découpures, des décharges à ses glaciers et à ses torrents, tandis que la paroi opposée présente les abruptes verticaux des dépôts calcaires. L'étendue de ces vallées est très-variable; parfois elles se prolongent depuis les plus hautes sommités jusque dans les contrées habitées, et jusqu'au niveau de nos lacs, en suivant tous les contours de la masse centrale. C'est ainsi qu'un voyageur qui, poursuivant la limite septentrionale du massif du Finsteraarhorn, se dirigerait par la vallée et le glacier de Lötsch vers la vallée de Gastern, traverserait le glacier de Tschingel pour regagner le fond de la vallée de Lauterbrunnen, remonterait les hautes vallées qui séparent la Jungfrau du Silberhorn, et le Mönch de l'Eiger, et regagnerait ensuite le névé et le glacier inférieur de Grindelwald, escaladerait le col d'Urbach par le glacier de Rosenlaui, descendrait dans la vallée du même nom jusqu'à Hoff, remonterait ensuite la vallée de Gadmen, traverserait le glacier de Wenden et, longeant ainsi la pente méridionale du Titlis, passerait dans la vallée de la Reuss, et de là dans le Val-de-Maderan, pour regagner la limite orientale de la masse centrale du Finsteraarhorn dans le voisinage du Tœdi, — ce voyageur aurait presque constamment à sa gauche des parois verticales de calcaire, souvent de plusieurs mille pieds de hauteur, et à sa droite le massif central, tantôt couronné de névés et de glaciers, tantôt revêtu de forêts et de pâturages, et

présentant rarement des abruptes infranchissables. Derrière cette première enceinte calcaire qui entoure la masse centrale, comme les parois d'un cratère de soulèvement placées autour du volcan central, on remarque fréquemment des traces d'un second et d'un troisième rempart, dont les couches présentent la même inclinaison, c'est-à-dire offrent à la masse centrale leurs parois verticales et plongent en sens opposé. C'est à un rempart secondaire pareil qu'appartiennent les abruptes de la Gemmi ; les bains de Louèche sont situés entre les deux chaînes de sédiment. A l'extrémité orientale du massif du Mont-Blanc, de Saillon à Sion, on compte quatre ou cinq chaînes parallèles de calcaire et de flysch, qui toutes ont leurs abruptes tournés vers la masse centrale, tandis qu'ils présentent une pente plus douce à l'est.

Il arrive souvent que des gneiss et des quartzites qui surgissent à la base du premier rempart calcaire s'élèvent jusqu'à une très-grande hauteur, dans l'abrupte de cette paroi ; par exemple près d'Imgrund dans la vallée de Hasli, à Gadmen, à Amstæg, etc. Ceci prouve évidemment que l'origine de la vallée est plus récente que l'événement, quel qu'il soit, qui a placé les couches calcaires dans leurs rapports actuels avec le gneiss, et que, par conséquent, la formation de la vallée ne peut être attribuée à un soulèvement plutonique du gneiss, qui aurait fait disparaître le revêtement calcaire supérieur. Il y a plus, nous voyons dans ces mêmes vallées des masses calcaires de plus de mille pieds d'épaisseur, recouvertes par le même quartzite

gneissique qui leur sert de base; et lorsqu'on remonte les vallées transversales qui pénètrent dans la masse centrale, on voit le calcaire s'enchevêtrer dans le gneiss, et former des coins de plusieurs lieues d'étendue (voyez la coupe). C'est ce qui a lieu au Mettenberg dans la vallée de Grindelwald, et d'une manière plus frappante au Laubstock et au Pfaffenkopf, sur les deux côtés de l'entrée de la vallée de Guttannen. Il est évident qu'avant l'ouverture de la vallée, ces coins calcaires communiquaient avec le calcaire de la paroi opposée, et qu'ils étaient, comme à présent, entourés par le gneiss. L'ancienne surface du sol s'élevait donc déjà alors à une grande hauteur au-dessus des vallées d'aujourd'hui, et ces vallées, qui paraissent devoir en grande partie leur origine à des affaissements, se sont ouvertes dans le gneiss et le calcaire sans changer en rien la position relative de ces deux roches. Il suffit d'avoir vu ces phénomènes dans la nature pour demeurer convaincu que c'est ainsi que les choses se sont passées. Les magnifiques profils de la vallée du Rottthal et du col d'Urbach nous en fournissent une autre preuve; car ici, où l'affaissement a peut-être rencontré des difficultés par suite de cet enchevêtrement du calcaire et du gneiss, ici, dis-je, nous voyons en réalité les coins calcaires qui pénètrent dans le gneiss, adhérer et former corps avec le grand massif calcaire.

On rencontre de grandes difficultés du moment que l'on essaie de déterminer l'âge des couches de sédiment, situées au nord des Alpes. Cependant ces difficultés sont plutôt inhérentes aux détails qu'aux

traits généraux. Ce que nous savons, c'est qu'en Suisse, les plus anciens dépôts de sédiment contiennent encore des bélemnites, des ammonites à cloisons persillées et des pentacries, et que, par conséquent, ils ne peuvent pas être plus anciens que le lias. Nous savons, en outre, que les masses supérieures de nos couches de sédiment appartiennent à la craie, et il est nombre de localités où la limite entre la formation crétacée et le terrain jurassique est facile à tracer.

Immédiatement au-dessus du quartzite-gneissique, on trouve en général une série de dépôts particuliers que nous proposons d'appeler *terrain mixte*. La puissance de ces dépôts n'est souvent que de quelques toises; en d'autres endroits, elle va jusqu'à plusieurs cents et même plusieurs mille pieds. Au nombre des couches de ce terrain, se trouvent des quartzites souvent fort difficiles à distinguer des quartzites-gneissiques, si toutefois ils sont réellement différents, mais qui ont cela de particulier, qu'ils plongent au nord comme toutes les autres roches de ce terrain. Nous y remarquons en outre des calcaires dolomitiques, compactes ou celluleux, tout-à-fait semblables à la carnieule (Rauchwacke) qui accompagne nos gypses, et d'une teinte jaunâtre passant au rouge et au brun. Viennent ensuite des schistes argileux rouges, auxquels sont souvent associés des conglomérats argileux ou talqueux. Ces conglomérats forment parfois, à eux seuls, des montagnes entières. Au-dessus de ces derniers se rencontrent enfin des oolites ferrugineuses rouges ou d'un vert-noirâtre, contenant du fer magnéti-

que, du fer oligiste et des pyrites. En général cette formation entière est très-ferrugineuse; tous les conglomérats contiennent du fer, et l'on montre plusieurs endroits où l'on a autrefois essayé d'établir des exploitations. La couche oolitique contient beaucoup de pétrifications, surtout des ammonites et des bélemnites.

Une formation calcaire uniforme et très-puissante, le *calcaire des hautes Alpes* (Hochgebirgskalk), repose sur le terrain mixte. Il présente généralement d'énormes abruptes tournés vers les masses gneissiques, et les grands coins calcaires qui s'enchevêtrent dans la masse de gneiss en sont ordinairement formés. Les couches de ce calcaire sont distinctement séparées, et souvent il passe presque au schiste. Sa couleur varie du gris au noir; il est cassant comme du verre, et, à l'exception de quelques bélemnites, il ne contient pas de pétrifications. Dans le Hasli, cette formation calcaire est recouverte par une puissante série de schistes noirs brillants, qui, à Planplatten au-dessus de Meyringen, contiennent des gites considérables de fer oxidé rouge et de fer en grains. Dans le voisinage de ces dépôts ferrugineux, les schistes renferment souvent aussi des nodules saillants et des ammonites qui appartiennent à l'étage moyen (corallien et oxfordien) de la formation oolitique, par exemple à Erzeck et près d'Unterheid vis-à-vis de Meyringen. Les bélemnites sont plus rares.

La formation crétacée succède à ces schistes noirs, ou au calcaire des hautes Alpes lorsque les schistes manquent. Comme dans toute l'Europe méridionale,

cette formation se distingue par un cachet particulier. Son étendue est considérable et la puissance de plusieurs de ses étages lui assigne un rôle important dans la composition des Alpes calcaires. Un fait digne de remarque, c'est que souvent, et plus particulièrement dans la première chaîne calcaire, le calcaire alpin est séparé de la craie par une série de terrains qui ont la plus grande analogie avec le terrain mixte dont nous venons de parler, c'est-à-dire par des couches de quartzite, de schistes brillants et irisés, et par des calcaires blancs cristallins ou dolomitiques. C'est ce qu'on peut voir à la Gemmi au-dessus de Kandersteg, au fond de la vallée de Lauterbrunnen, sur la Wengern-Alp, au Faulhorn, et peut-être faut-il aussi compter ici les couches de fer en grains et les schistes noirs de Planplatten.

Les calcaires arénacés noirâtres, les grès quartzeux et les schistes rugueux, qui recouvrent les chaînes calcaires les plus voisines des massifs gneissiques et constituent une grande partie des montagnes situées à l'extérieur de ces dernières, semblent appartenir aux étages les plus récents de la formation crétacée alpine. Les fossiles les plus fréquents sont ici des nummulites, des cérithes, des ampullaires, de petites huîtres, des turbinolies, etc. Les ammonites et les bélemnites, en revanche, manquent complètement à ce qu'il paraît. Le calcaire à nummulites forme la masse supérieure de la Dent-de-Morcles et des Diablerets, et se poursuit sur le revers septentrional de la chaîne que traversent les cols de Sanetch, de Rawyl et de la Gemmi, jusqu'à la

partie supérieure du lac de Thoune. Quelques nummulites isolées se rencontrent sur les hauteurs de la chaîne de Brienz; une accumulation de fossiles semblables à ceux des Diablerets se trouve sur la crête de la chaîne de Gadmen (Gadmenflue), dont le Titlis fait partie. Enfin le calcaire à nummulites est très-développé dans les montagnes de Schwytz et de Glaris, et dans la chaîne qui sépare le canton de Glaris de la vallée du Rhin antérieur.

Un dépôt souvent très-puissant de schistes gris est étendu en beaucoup d'endroits sur le calcaire à nummulites, et forme à lui seul des massifs particuliers qui sont ordinairement boisés ou recouverts de pâturages jusqu'au sommet. Sous le rapport minéralogique, cette roche ne diffère guère du véritable flysch des Alpes valaisannes et grisonnes. Les seuls débris organiques qu'elle contient sont également des fucoïdes, identiques avec les *Fucus intricatus, æqualis* et *Targioni* Ad. Brongn., et l'on pourrait par conséquent la désigner aussi sous le nom de flysch, en tant que cette dénomination n'impliquerait qu'un caractère pétrographique. Mais vouloir admettre que ce schiste qui recouvre le calcaire à nummulites soit de même âge que le flysch qui est étendu entre les masses centrales, serait pécher contre trop de probabilités. Pour éviter toute confusion, et afin de ne rien préjuger, nous appellerons cette roche *macigno alpin,* en faisant remarquer que nous la reconnaissons minéralogiquement et géologiquement, comme l'analogue du macigno des Apennins[1]. Un dépôt de ce

[1] C'est par suite d'une erreur typographique que M. Studer n'a pas été dans le cas de redresser à temps, qu'il

schiste ou macigno est étendu sur une largeur de plusieurs lieues derrière la chaîne de Brienz, le long du bord occidental du lac de Sarnen, vers Alpnach, et occupe une grande partie de l'Entlibuch et d'Obwalden. D'autres dépôts existent dans les environs de Beckenried et au sud d'Einsiedeln. Enfin, cette formation atteint un grand développement dans le midi du canton de Saint-Gall et dans le Prættigau.

Nulle part, cependant, le calcaire à nummulites et les macignos que nous venons de signaler ne sont mieux développés que dans la chaîne la plus septentrionale des Alpes calcaires qui, traversant les cantons d'Appenzell, de Schwytz, d'Unterwalden, va former le mont Pilate, les Schratten et le Hohgant. C'est cette même chaîne qui se prolonge à l'ouest du lac de Thoune par la Gemmi, les Diablerets et la Dent-de-Morcles au-delà de nos frontières, dans la montagne des Fiz, si connue par ses fossiles, à travers la Savoie jusqu'en Dauphiné. Dans ce prolongement, les couches inférieures de la formation crétacée se laissent aussi déterminer plus facilement que dans l'intérieur des Alpes, où elles sont en général très-pauvres en fossiles.

Nous trouvons au-dessous du calcaire à nummulites une puissante formation calcaire, d'un caractère particulier suivant les contrées, et qui souvent forme la partie supérieure des chaînes. Dans les

est dit dans la première édition de cette notice que le macigno alpin *n'est pas* l'analogue du macigno italien.

D.

cantons d'Appenzell et de Schwytz, M. Escher a donné à cette formation, qui paraît manquer dans une partie de la Suisse, le nom de *calcaire de Seewen*. C'est un calcaire en général compacte, gris ou rouge, renfermant des feuillets argileux ondulés et ressemblant minéralogiquement à la scaglia du revers méridional des Alpes. Les débris organiques y sont très-rares, nous croyons cependant que c'est dans les couches de cet étage que M. Mousson a trouvé au Mutterschwandenberg, dans le canton d'Unterwalden, des Ananchytes que M. Agassiz a déterminés comme étant l'*Ananchytes ovata* si commun dans la craie blanche [1]. D'autres espèces d'échinides ont été trouvées par M. Escher dans le calcaire de Seewen d'Appenzell.

Au-dessous de ce calcaire, se trouve la couche à inocérames, qui n'a souvent que quelques toises de puissance, mais qui est remarquable par la quantité de fossiles qu'elle contient, lesquels sont identiques pour la plupart avec les espèces de la perte du Rhône et de la glauconie de Rouen [2]. La roche est un calcaire siliceux noirâtre, rempli de grains verdâtres, intimement mélangés avec la masse qui présente à la surface une teinte rougeâtre, résultat

(1) Voy. Agassiz *Descript. des Echinod. suisses*, pag. 30, Pl. 14, fig. 4-6.

(2) Les fossiles les plus caractéristiques de cet étage sont l'*Inoceramus concentricus* Park., l'*Inoceramus sulcatus* Park., l'*Ammonites inflatus* Sow., l'*Ammonites subcristatus* Deluc, le *Turrilites Bergeri* Brongn., le *Trochus Gurgitis* Brongn., le *Trochus cirroides* Brongn., le *Cassis Avellana*, le *Micraster minimus* Ag. D.

de l'oxidation. Dans le canton d'Appenzell, on voit cette couche gisant sous le calcaire de Seewen. Dans la Suisse centrale et occidentale, on en a reconnu des traces en plusieurs endroits ; mais on n'a pas réussi jusqu'à présent à la poursuivre d'une manière constante ; elle ne reparaît bien distincte que sur la frontière occidentale de la Suisse, sur le revers septentrional du Buet, au col de Coux, d'où on la poursuit sans interruption par Sixt, les Fiz, le Reposoir, etc., le long des Alpes françaises, jusqu'à la mer. Les fossiles variés et nombreux qu'elle contient, l'ont fait remarquer par les géologues de préférence à tous les autres membres de la formation crétacée alpine.

Le néocomien alpin apparaît sous cette glauconie sur plusieurs points de la Suisse centrale, et immédiatement au-dessous du calcaire à nummulites, lorsque cette glauconie manque, par exemple dans la chaîne du Pilate et du Hohgant. Il atteint ordinairement une puissance considérable. Un calcaire gris, rempli de nérinées et de ptérocères, souvent de grandes tornatelles, de caprotines d'Orb. *(Chama ammonia* Gdf*)*, de *Radiolithes neocomensis* d'Orb. *(Hippur. Blumenbachi* Stud.*)*, en forme les couches supérieures. Sur de grandes étendues ce calcaire est à nu et dépourvu de toute végétation, et c'est lui en particulier qui forme la majeure partie de ces rochers sillonnés et corrodés connus en Suisse sous le nom de *Karrenfelder*. La partie inférieure du terrain néocomien des Alpes est formée par un calcaire noir, marneux ou sableux, à couches minces, alternant avec des schistes marneux et renfer-

mant les pétrifications caractéristiques des marnes bleues de Neuchâtel, entre autres le *Holaster (Toxaster) complanatus*, l'*Exogira Couloni*, l'*Ostrea carinata*, la *Terebratula depressa*, la *Terebratula biplicata*, etc.

Dans la Suisse orientale et centrale, les dépôts tertiaires s'adossent immédiatement contre les chaînes externes formées par la craie alpine, telles que les chaînes du Sentis, du Pilate et des Ralligstœcke. Il n'en est plus ainsi à l'ouest du lac de Thoune. Nous voyons dans les environs de Chambéry, où paraît s'ouvrir la grande vallée molassique suisse, un large rameau du système du Jura se détacher de ce dernier et suivre la direction des Alpes jusqu'au lac de Thoune, en s'accolant à la plus extérieure des chaînes crétacées alpines. Le caractère alpin se confond, dans ce rapprochement, avec le caractère jurassique, de la manière la plus frappante. Les différents étages du lias, de l'oolite inférieure, du corallien et du portlandien se reconnaissent à leurs débris organiques, et sont mieux séparés que sur aucun autre point des Alpes; le Jura supérieur, en particulier, qui paraît être complètement étranger aux Alpes centrales et orientales, atteint ici un développement remarquable et forme plusieurs chaînes parallèles. On remarque aussi, dans plusieurs de ces chaînes, une tendance à se voûter, tandis que dans les chaînes alpines, les couches ne plongent ordinairement que d'un côté. Il n'y a pas jusqu'à la physionomie des vallées qui ne rappelle le caractère plus adouci et plus uniforme des vallées jurassiques. En somme, les formes sont cependant plus

rudes ; les chaînes ne sont pas seulement coupées transversalement par des cluses ([1]), mais elles contiennent aussi de nombreuses découpures obliques qui donnent à ces vallées un aspect plus varié et plus pittoresque. Le calcaire affecte d'autant plus la teinte noire du calcaire des Alpes qu'il est plus rapproché des massifs des Alpes proprement dites. La molasse, qui pénètre dans toutes les grandes vallées jurassiques, manque complètement dans le Jura alpin, ainsi que dans les Alpes. Ce caractère mixte se manifeste d'une manière plus tranchée encore dans la formation crétacée : le calcaire à nummulites, si puissant dans les Alpes et dans une grande partie de l'Europe méridionale, n'existe nulle part dans le jura alpin. Le calcaire de Seewen, la couche à inocérames et le néocomien ne pénètrent pas dans les chaînes extérieures du Chablais et sont complètement étrangers à l'intérieur du jura alpin suisse (pays d'Enhaut, Gessenay et Simmenthal). Ils y sont remplacés par du macigno, qui atteint ici un très-grand développement, occupant le fond des vallées élargies, s'élevant à une grande hauteur sur le flanc des chaînes calcaires, et formant même des chaînes particulières, tandis qu'il est complètement étranger au Jura. La chaîne du Niesen, les montagnes du Simmenthal et le pays de Gessenay sont composés en majeure partie de

([1]) Les géologues jurassiques donnent le nom de *cluses* à des découpures qui traversent une chaîne de montagnes de part en part. Lorsque la déchirure est limitée à l'un des flancs, on l'appelle *ruz*. D.

macigno. Les massifs calcaires de ces mêmes vallées, tels que la Tour-d'Ay et de Mayen au-dessus d'Aigle et les Cornettes en Chablais sont du jura supérieur. Le Stockhorn et le Moleson, la Dent-d'Oche et le Môle appartiennent au jura moyen et en partie au jura inférieur. Le jura moyen et le lias apparaissent aussi sur le revers septentrional de la chaîne de macigno alpin, au Gurnigel, à la Beira, au Mont-Pleyau et aux Voirons.

Dans la Suisse occidentale et dans le Chablais, la molasse entre en contact avec ces chaînes arénacées et calcaires du macigno alpin et du jura moyen, tout comme, dans le reste de la Suisse, elle touche la chaîne crétacée du calcaire néocomien et nummulitique. Semblable à cette dernière, la chaîne de macigno alpin, de concert avec les massifs calcaires (jura moyen du Stockhorn), plonge abruptement au sud et au sud-est vers les Hautes-Alpes; et la molasse de même plonge en stratification concordante sous les dépôts secondaires partout où l'on a pu observer entre Vevey et la vallée du Rhin le contact de ces derniers avec la formation tertiaire. De cette manière les dépôts récents se trouvent placés au-dessous des dépôt plus anciens, ou bien les deux sont si rapprochés qu'on dirait que les masses de calcaire et de macigno ont été poussées violemment contre les masses molassiques et les ont refoulées. Il n'y a en effet que cette dernière supposition qui puisse expliquer ces singuliers rapports de contact, puisque un renversement ne saurait être admis; car une faille sans pression latérale ne suffit pas pour en rendre compte.

L'inclinaison sud des dépôts tertiaires se continue à-peu-près jusqu'à la distance d'une lieue de la chaîne extérieure de calcaire ou de macigno, où elle est remplacée par une inclinaison nord qui devient de plus en plus douce à mesure qu'on s'éloigne des Alpes, jusqu'à ce que la stratification ne forme plus qu'un angle très-aigu avec l'horizon. En même temps, le relief du pays présente une série de terrasses de plus en plus adoucies, qui passent enfin à la plaine onduleuse, où les vallées de soulèvement sont remplacées par les vallées d'érosion. Dans le voisinage immédiat des Alpes, les dépôts tertiaires s'élèvent encore jusqu'à des hauteurs de 5 à 6000 pieds et davantage, par exemple à la Bæuchlen, dans l'Entlibuch, au Rigi et au Speer; mais peu à peu les collines de plus de 3000 pieds deviennent plus rares et commencent déjà à fixer l'attention; plus loin, enfin, il serait difficile de trouver, entre l'Uetliberg près de Zurich et le Frienisberg près d'Aarberg, une troisième colline qui s'élevât à plus de 1000 pieds au-dessus du niveau de la plaine. En revanche, les renflements et les plateaux de quelques centaines de pieds de hauteur, et les vallées d'érosion d'égale profondeur, sont des phénomènes très-communs jusqu'au Jura.

La formation tertiaire de la Suisse se compose essentiellement d'un grès marneux, la *molasse,* dont la dureté va en diminuant des Alpes vers le Jura. Immédiatement au pied des Alpes, c'est un grès des plus compactes; dans la partie moyenne de la plaine suisse, on s'en sert comme d'une excellente pierre à bâtir; dans le voisinage du Jura, la masse entière

n'est généralement qu'un sable désagrégé. Aux environs du lac de Genève et dans les cantons d'Argovie et de Zurich, nous trouvons dans les assises inférieures de la molasse, des dépôts de lignites accompagnés d'une marne calcaire bitumineuse qui contient souvent une grande quantité de coquilles d'eau douce. Le lignite lui-même et ailleurs la molasse contiennent aussi des dents et des os d'animaux terrestres qui sont caractéristiques pour le terrain tertiaire supérieur, ainsi que des débris de palmiers. La partie supérieure de la formation molassique est d'origine marine; des assises entières ne sont, pour ainsi dire, composées que de moules intérieurs ou de débris de tests, plus rarement de coquilles marines entières, dont les espèces déterminables sont identiques avec celles des collines subapennines(1).

Au grès de la molasse viennent souvent s'ajouter, dans le voisinage des Alpes, des conglomérats de cailloux arrondis, connus sous le nom de *nagelflue* ou *gompholite*. La répartition et l'épaisseur de cette roche sont très-variables, et il en est de même de sa composition. Là où les chaînes crétacées sont en

(1) Malgré cette identité des fossiles, on s'obstine à séparer la molasse suisse du terrain subapennin, et à la paralléliser avec le terrain de la Superga, de Bordeaux et Dax, dont les fossiles diffèrent autant de ceux de la molasse qu'il est possible entre des terrains si rapprochés. Quel que soit le nom, grec ou barbare, que l'on se plaise à donner à ces différents étages du terrain tertiaire supérieur, les géologues suisses, qui se sont occupés de la paléontologie de la molasse, continueront, je l'espère, à protester contre cet arrangement factice. St.

contact immédiat avec la molasse, comme dans la Suisse orientale et moyenne, le nagelflue apparaît en masses beaucoup plus considérables et sur de plus grandes étendues que dans la Suisse occidentale, au pied du jura alpin. Les galets qui le composent sont, au Rigi et dans la Suisse orientale, essentiellement des calcaires et des grès qui correspondent aux roches des Alpes les plus voisines; cependant, il s'y mêle aussi des granites et d'autres roches dont l'origine est inconnue.

Dans les nagelflue du canton de Berne, qui forment plusieurs chaînes de collines dont les couches plongent tantôt au sud tantôt au nord, ce sont au contraire ces cailloux étrangers aux Alpes qui prédominent; dans le nagelflue des environs de Thoune, dont les couches plongent au sud, nous trouvons en particulier des porphyres rouges et des granites de toutes variétés, tels qu'on les rencontre dans les grandes chaînes porphyriques. De pareilles roches se retrouvent dans la Forêt-Noire et au pied méridional des Alpes. A ces roches se mêle, près de Thoune, une autre sorte de cailloux qui prédomine surtout dans le nagelflue horizontal ou à inclinaison septentrionale du Belpberg et de l'Emmenthal. Ce sont des roches de serpentine et des schistes verts, comme il n'en existe, à notre connaissance, que dans la partie méridionale des Grisons et en Valais: des serpentines compactes contenant de la diallage, plusieurs espèces de gabbro, des granites, des porphyres verts, des schistes verts ou violets et des aphanites. L'Emmenthal contient en outre des spillites ou pierres amygdaloïdes et des variolites.

Dans un petit district, au nord de l'Emmenthal, ce sont les cailloux de quartz et des débris d'une roche amphibolique qui prédominent. Le sable charrié par les torrents de ce district contient des paillettes d'or avec beaucoup de fer magnétique, de grenats et d'autres minéraux. Où faut-il chercher les couches de porphyre, de serpentine et l'amphibole aurifère qui ont fourni ces masses énormes de cailloux? De quelle manière et par quel agent ces galets ont-ils été accumulés au pied des Alpes en masses assez puissantes pour paraître encore considérables, même dans le voisinage de ces cimes élevées? Ce sont là des problèmes qui attendent encore leur solution. Supposer que ces galets proviennent de l'intérieur de la terre ou du détritus de collines préexistantes et que leurs amas considérables, produit de la longue période qui correspond aux dernières commotions du système alpin, recouvrent les assises dont ils proviennent, c'est avoir l'air de vouloir résoudre le problème à tout prix; et cependant il serait difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, d'imaginer une autre solution qui fût moins hasardée.

Le sol des vallées molassiques et de la plaine suisse est recouvert d'un dépôt stratifié de gravier et de sable qui atteint parfois une épaisseur de plus de 100 pieds : c'est le *diluvium* [1]. Par sa nature, ce dépôt correspond exactement aux graviers charriés par les torrents actuels des Alpes. Les roches pré-

[1] C'est l'*alluvion ancienne* de M. Necker, dans laquelle on a trouvé des ossements d'éléphants. D.

dominantes sont les calcaires et les grès alpins, mélangés avec des cailloux du nagelflue. Les galets sont toujours arrondis, mais atteignent rarement la grosseur de la tête. C'est dans ce diluvium, et même plus profondément, que les rivières actuelles se sont creusé leur lit. Les terrasses superposées indiquent des alternances entre les époques de repos et celles de travail.

Ces puissantes masses de gravier sont recouvertes par un diluvium plus récent (1), le plus souvent sans stratification, contenant des galets grands et petits, ronds et anguleux, et des blocs de plusieurs toises de diamètre, enfouis dans une argile sableuse; les plus grands blocs sont tantôt isolés, tantôt réunis par groupes, les uns arrondis et émoussés malgré leur grande taille, d'autres plus ou moins anguleux. Ce diluvium récent est tantôt adossé contre les collines molassiques, tantôt il forme des digues ou collines allongées de 20 à 100 pieds de hauteur, courant d'ordinaire parallèlement au pied des pentes, ou bien dirigées transversalement dans la vallée. La seule différence qui se remarque entre les blocs de ce diluvium récent et les véritables blocs erratiques, c'est que ces derniers sont isolés et dégagés, tandis que les premiers sont souvent enterrés dans le limon ou le gravier. Il existe une ressemblance frappante entre ces digues formées de matières de transport et le tableau que l'on nous

(1) C'est le *terrain erratique* de M. de Charpentier; le *terrain cataclystique* de M. Necker, *terrain glaciaire* de MM. Agassiz et Guyot, l'analogue du *Till* d'Ecosse. D.

fait des ösars[1] de la Suède. Or, si la théorie des glaces, par laquelle des géologues célèbres ont cru devoir expliquer ce phénomène en Suisse, est réellement, de toutes les théories que l'on a proposées jusqu'à ce jour, celle qui convient le mieux aux faits, la même théorie doit aussi, à mon avis, s'appliquer au phénomène que présente la Suède.

On a pu voir par l'exposé qui précède, que nous sommes encore loin de connaître toutes les phases de l'histoire de la formation du système alpin. Il est même plus que probable que notre physique ignore les principes mêmes sur lesquels une explication des traits les plus caractéristiques de ce phénomène devra se baser. Qu'on ne s'étonne donc pas si le géologue qui veut essayer de résumer le peu de notions précises qui ont été acquises à la science depuis de Saussure jusqu'à nos jours, craint à chaque pas de s'être trop avancé ou de se voir forcé de se rétracter, faute de faits suffisants.

Après trente-six ans de voyages et d'études, l'immortel de Saussure lui-même désirait pouvoir recommencer l'examen des Alpes, aidé de l'expérience qu'il avait acquise en leur consacrant sa vie. Depuis, il s'est écoulé plus d'un demi-siècle, et

(1) Les *ösars*, signalés pour la première fois à l'attention des géologues par M. Alex. Brongniart, sont de longues traînées de matières de transport en forme de digues ou de levées dirigées le plus généralement du nord-nord-est au sud-sud-ouest. D.

nous nous trouvons toujours embarrassés lorsqu'on nous demande un résumé des faits principaux de la science alpine.

Les documents que la nature nous offre ne remontent pas au-delà de l'époque du lias. Nous n'avons aucune notion des conditions de la surface de la terre dans le domaine des Alpes, aux époques antérieures.

Pendant la période qui s'est écoulée entre la déposition du lias et celle des derniers étages crétacés, cette partie du sol de l'Europe ne paraît pas avoir subi des dérangements considérables dans son relief. Partout la série du lias au macigno est en gisement concordant, et toute la masse forme un ensemble qu'il est presque impossible de diviser. Cependant cette série de dépôts jura-crétacés des Alpes et de tout le midi de l'Europe, diffère considérablement de celle qui lui correspond pour l'âge dans l'Europe septentrionale. On dirait des sédiments formés dans des mers et des conditions différentes.

Les événements les plus importants qui ont modifié la surface de la terre en Suisse ont eu lieu entre l'époque de la déposition du macigno alpin et celle de la molasse. On trouve du calcaire à nummulites et du macigno alpin jusqu'au sommet des crêtes et dans le fond des vallées, tandis qu'il n'y existe aucune trace de molasse. Lors de la déposition de ce dernier terrain, le système alpin devait donc être émergé.

Les influences, sans doute de très-longue durée, qui ont agi sur les sédiments alpins ont modifié la

nature primitive des roches, en les transformant soit en roches magnésifères (dolomie, schiste talqueux, schiste chlorité, serpentine), soit en roches micacées et feldspathiques (schiste micacé, gneiss, granite).

Ces modifications furent accompagnées d'un exhaussement du sol et d'un redressement général des couches; c'est dans les régions où les influences métamorphiques se firent sentir avec le plus d'énergie, que se formèrent ces systèmes énigmatiques en éventail, et ces entrelacements de roches feldspathiques et quartzeuses avec des calcaires fossilifères que nous avons mentionnés plus haut.

Ces modifications, ainsi que le fendillement du sol, ont eu lieu dans plusieurs sens et à des époques différentes, et c'est pourquoi la direction extérieure des chaînes ne concorde pas en général avec la direction des couches. Il n'y a pas seulement des vallées longitudinales et transversales, il y a aussi des chaînes longitudinales et des chaînes transversales, des vallées et des chaînes diagonales.

Les principales directions en Suisse, sont : 1° de l'ouest-sud-ouest à l'est-nord-est (plus exactement d'ouest 28° sud en est 28° nord), parallèlement à la direction principale des Alpes. Exemples : la chaîne entre les Diablerets et l'Altels, la vallée principale du Valais et du Rhin antérieur.

2° Du sud-ouest au nord-est (plus exactement d'ouest 38° sud en est 38° nord), parallèlement à la direction des Alpes de la Savoie. Exemples : le massif central du Finsteraarhorn et celui du Saint-Gothard, le Valais supérieur, le lac de Brienz.

3° Du sud-sud-ouest au nord-nord-est (plus exactement d'ouest 55° sud en est 55° nord), parallèlement au système des Alpes du Dauphiné. Exemples : le massif du Mont-Blanc, les lacs d'Italie, la dépression du Brunig à Küssnach, la chaîne orientale du Niesen.

4° Du sud-sud-est au nord-nord-ouest (plus exactement d'ouest 60° nord en est 60° sud), parallèlement au Mont-Viso d'après M. Elie de Beaumont. C'est la direction qui prédomine dans les couches et dans les vallées intermédiaires entre la partie méridionale du Saint-Gothard et l'Engadine supérieure.

Les effets des dislocations opérées dans ces directions et dans plusieurs autres sont limités à la zône des Alpes et n'atteignent pas même leurs limites septentrionales et méridionales. La formation des vallées parallèles aux Alpes et même la formation des vallées alpines en général paraît être plus récente que la formation des masses centrales et des chaînes à couches inclinées, car elles coupent obliquement l'axe de ces soulèvements.

Nous trouvons à la fin de cette période de bouleversement, le domaine des Alpes et la plaine basse qui l'avoisinait au nord élevés au-dessus du niveau de la mer; mais cette plaine était en grande partie couverte d'étangs et de marais d'eau douce dans lesquels les animaux terrestres d'alors trouvèrent leur tombeau. C'est alors que commença la déposition de la molasse, de ce produit de l'érosion ou du frottement des rochers les uns contre les autres au bord septentrional des Alpes. Alors le côté sep-

tentrional était probablement flanqué, comme de nos jours le côté méridional, d'une ceinture de roches porphyriques et serpentineuses qui ont fourni en partie les matériaux du nagelflue et de la molasse. La formation des dépôts supérieurs de la molasse est le résultat d'un nouvel envahissement de la plaine suisse par la mer; mais les débris organiques de cette période n'en prouvent pas moins qu'il existait des lacs d'eau douce ou d'eau saumâtre à côté de la plage marine.

Une nouvelle dislocation du sol alpin eut lieu entre la formation du nagelflue et le diluvium ancien, dislocation qui paraît avoir été suivie de la formation de beaucoup de vallées et d'affaissements dans les Alpes. Par l'effet de ce dernier soulèvement, les terrains secondaires alpins furent refoulés et resserrés contre les terrains tertiaires, et ces derniers furent soulevés, brisés, et affectèrent une inclinaison plus ou moins forte. En supposant ce mouvement en rapport avec un soulèvement général du système alpin au-dessus du niveau de la mer, on s'explique en partie la formation des vallées d'érosion de la molasse, qui auraient été creusées par le retrait des eaux.

Une longue période de repos succèda sans doute à ce retrait des eaux; pendant cette période toutes les terres basses de la molasse furent recouvertes par les alluvions alpines qu'on désigne sous le nom de diluvium ancien. Le niveau des anciens fleuves diluviens qui, en plusieurs endroits, est à-peu-près de deux cents pieds au-dessus du niveau actuel des rivières, prouve en faveur d'un niveau plus élevé des

lacs dans lesquels ces fleuves débouchaient. Cette période se termine avec la déposition du diluvium récent et la dispersion des grands blocs erratiques. Et si nous devons attribuer cette dispersion au mouvement de la glace qui aurait charrié à de grandes distances ces blocs et le gravier qui les entoure, il faut admettre aussi que pendant tout ce temps, nécessairement de très-longue durée, le sol de la Suisse et par conséquent celui d'une très-grande partie de l'Europe furent sous des conditions climatologiques telles que les présente à-peu-près la Terre-de-Feu ou le continent antarctique.

Plus tard encore, des mouvements intermittents du sol déterminèrent l'abaissement relatif des bassins qui reçoivent nos fleuves, et les cours d'eau se creusèrent leur lit dans les deux diluvium et la molasse jusqu'à leur niveau actuel.

APPENDICE.

Travaux de MM. Bravais et Martins.

Pendant que les observations dont il a été rendu compte dans les feuilles précédentes, se faisaient au glacier de l'Aar, d'autres observateurs voués également à l'étude des glaciers et du phénomène erratique, poursuivaient dans d'autres parties des Alpes la solution des mêmes problèmes. Tout le monde a eu connaissance de l'ascension du Mont-Blanc de MM. Bravais, Martins et Lepileur, la première depuis celle de Saussure qui fût entreprise dans un but scientifique. On se rappelle quelle persévérance et quel dévouement ils ont mis à l'accomplissement de cette tâche. Deux fois chassés du grand plateau par la bourrasque et la tourmente, ils ne se lassèrent pas qu'ils n'eussent réussi. Les résultats de l'expédition ont répondu en tous points à l'attente des amis de la science, et une belle page a été ajoutée à l'histoire de la climatologie, dans un domaine où le moindre progrès ne s'achète qu'au moyen de grands sacrifices et de privations réelles. Celui qui a visité les hautes régions sait ce qu'il faut de fermeté, de courage et d'abnégation pour lutter ainsi contre les éléments. Il est vrai que sous certains rapports les difficultés elles-mêmes ont aussi leur côté avantageux ; et nous avons vu que nos voyageurs ont trouvé au milieu de l'inclémence du

temps, l'occasion de faire plusieurs expériences, qu'ils n'auraient pas faites dans des conditions favorables. De ce nombre sont surtout leurs observations sur la neige, le vent et sur les variations de la température. L'ensemble de leurs travaux a été l'objet d'un rapport à M. le ministre de l'instruction publique, et tout le monde a pu admirer la précision et la clarté dont ils sont empreints.

Non contents de ces résultats, MM. Bravais et Martins se rendirent, après leur ascension, dans l'Oberland bernois pour y continuer leurs travaux, et c'est l'un d'eux, M. Martins, qui vient d'en rendre compte à la Société géologique de France (1). Depuis plusieurs années ces deux infatigables naturalistes viennent passer une partie de la belle saison au Faulhorn, dans la plus haute habitation de l'Europe, pour y faire des observations météorologiques. Tout près du sommet du Faulhorn se trouve, dans une anfractuosité de la montagne, un de ces petits glaciers au cours très-limité, que M. Martins désigne sous le nom de *glaciers sans névés* (2), et qui sont assez fréquents dans les chaînes qui, comme celle du Faulhorn, n'excèdent pas 3000^{m} d'élévation. Ce petit glacier appelé Blauengletscher (gla-

(1) Voyez *Bulletin de la Société géologique de France*, tome XVI, 1845.

(2) Ces glaciers diffèrent des grands glaciers en ce que leur pente est toujours forte et en ce qu'ils ne sont pas alimentés par de vastes champs de neige à leur origine. Ils appartiennent à la catégorie des glaciers de second ordre dont nous avons parlé plus haut (p. 70 et 182).

cier bleu), a été de la part des deux amis l'objet d'études et d'expériences très-suivies. Si à raison des conditions particulières dans lesquelles ils se trouvent placés, les glaciers de cette catégorie ne ressemblent pas en tous points aux grands glaciers, il n'en est pas moins vrai qu'ils sont soumis aux mêmes lois générales quant aux modifications qu'ils subissent sous l'influence des agents extérieurs. Comme objet d'étude, ils sont même préférables, à certains égards, aux grands glaciers, par la raison qu'étant plus simples, les observations y sont moins difficiles et présentent moins de chances d'erreur. Il m'est agréable de pouvoir dire que les résultats auxquels sont arrivés MM. Bravais et Martins, concordent, sur tous les points essentiels, avec ceux qui ont été obtenus au glacier de l'Aar. Ainsi, pour ne citer que quelques exemples, M. Martins a constaté que l'imbibition de la neige et sa transformation en glace s'opérait de bas en haut et horizontalement, de telle sorte que la couche en contact avec le sol se pénètre d'eau la première, puis celle qui lui est immédiatement superposée et ainsi de suite, jusqu'à ce que la masse entière passe à l'état de glace bulleuse. Avant que la conversion totale n'ait lieu, il existe dans la masse deux couches ou étages distincts, l'un inférieur composé de glace plus ou moins pure, l'autre supérieur composé de neige grenue ou névé, absolument comme cela se passe dans les champs de neige.

M. Martins traite également en détail de la stratification qu'il a reconnue dans l'étendue du glacier

du Faulhorn. Il a aussi observé les bandes bleues ou la structure rubannée qu'il attribue à une inégalité d'infiltration et non à des vides occasionnés par la différence de mouvement du milieu et des bords, comme le voudrait une autre théorie déjà presque oubliée quoique récente. Mais c'est surtout l'ablation ou la perte de substance que le glacier éprouve à sa surface dans un temps donné, qui a été de la part de nos deux observateurs l'objet des expériences les plus suivies. Les procédés ingénieux employés par eux pour arriver à une détermination rigoureuse des chiffres de l'ablation méritent toute confiance, et je ne cacherai pas que leurs observations sur ce point sont de beaucoup les plus concluantes qui aient été faites jusqu'ici, par la raison qu'ils nous font connaître à la fois et la somme de la déperdition superficielle et celle de l'affaissement. La moyenne de leurs observations, durant plusieurs années consécutives, a été pendant les mois de juillet, août et septembre, de 43^{mm} par jour.

Nous regrettons que ces messieurs n'aient pas eu le loisir de faire des expériences analogues sur l'avancement des différentes parties du glacier.

Travaux de M. Guyot.

Dans le domaine erratique, les recherches n'ont été ni moins actives ni moins fécondes que dans le domaine des glaciers actuels. Les travaux de M. Guyot se placent ici au premier rang; ils constituent, avec les recherches de M. Agassiz sur les

anciens glaciers d'Irlande(1) et celles de M. LeBlanc sur les moraines qui barrent les lacs alpins à leur extrémité (2), le progrès le plus notable qui ait été fait dans ces dernières années. Il suffira d'un aperçu de l'état de la question pour donner une idée de l'importance de ces travaux.

M. de Buch, le premier, avait émis l'idée que les différentes grandes vallées avaient fourni chacune son contingent de blocs erratiques, et il en avait trouvé la confirmation dans l'étude du bassin du Rhône. Conrad Escher de la Linth confirma non-seulement l'existence de ces régions distinctes à l'issue des cinq grandes vallées qui débouchent dans la plaine suisse, mais il démontre aussi que leurs roches ne se mélangeaient pas alors même qu'elles se trouvaient à une grande distance des Alpes. M. de Buch avait en outre déterminé d'une manière approximative la hauteur d'une quantité de blocs sur le Jura au moyen d'observations barométriques. Enfin M. Deluc avait aussi signalé dans l'intérieur des bassins erratiques, au milieu de roches de toutes sortes, la présence de groupes de blocs souvent considérables composés d'une seule et même espèce de roche.

Il était démontré par là qu'il existait dans la répartition des roches erratiques, un certain arrangement, certaines allures uniformes qui faisaient

(1) *Edinburgh New-Philosoph. Journal*, 1842. *Bibliothèque universelle*, tome XLI, 1842,

(2) *Bulletin de la Société géol. de France*, tome XIV, p. 600.

pressentir une cause générale. Cette cause générale, ce sont pour les uns de grands courants, pour d'autres des glaciers d'une extension beaucoup plus considérable que ceux de nos jours. Cependant pour apprécier la nature de l'agent réel qui les a transportés, et par conséquent pour décider entre les deux théories rivales, il fallait un ensemble d'observations à la fois plus étendues et plus précises. Ce fut M. Guyot qui se chargea de la tâche pénible et difficile de déterminer d'une manière précise les limites exactes des différents bassins et d'étudier les roches caractéristiques et leur distribution dans ces mêmes bassins, afin de remonter si possible à leur point de départ. Ce fut encore lui qui, par une série d'observations barométriques, détermina le niveau le plus élevé que le terrain erratique atteint sur les flancs du Jura et des Alpes. M. Guyot a consacré plusieurs années à la solution de ces questions. Après avoir parcouru dans tous les sens la plaine suisse, les montagnes du Jura et les Alpes antérieures, il est arrivé à ce résultat important, savoir qu'il existe sur le revers septentrional sept bassins erratiques distincts, dont il a reconnu les limites et qui sont d'est en ouest, les bassins du Rhin, de la Limmat, de la Reuss, de l'Aar, du Rhône, de l'Arve et de l'Isère. Le bassin du Rhône est entre tous le plus grand et le seul qui remonte à une grande hauteur sur le Jura. C'est aussi celui dans lequel la répartition des espèces minérales a pu être étudiée avec le plus de soin. M. Guyot a reconnu qu'il existe sur les flancs du Jura plusieurs zônes, étagées les unes au-dessus des autres et ca-

ractérisées toutes par la prédominance de certaines espèces qui ne se retrouvent pas dans les mêmes proportions ailleurs. Il a voulu connaître leur origine et les a poursuivis de proche en proche jusqu'au fond des vallées alpines. C'est ainsi qu'il a trouvé l'année dernière le gîte de l'arkésine ou granit talqueux à une hauteur de 2950^{m}, sur les flancs des montagnes qui bordent le glacier de Zmutt. D'un autre côté il a constaté aussi que l'erratique du Rhône s'étend bien au-delà des limites que lui assigne M. de Charpentier, puisqu'il l'a poursuivi du côté oriental jusqu'aux environs d'Arau, et du côté occidental jusqu'au mont de Sion, où se trouve la jonction des trois bassins du Rhône, de l'Arve et de l'Isère. L'ensemble de ces résultats a été communiqué à la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, et à la Société géologique de France réunie à Chambéry. Ne pouvant en donner ici la substance, nous nous bornerons à renvoyer nos lecteurs aux Bulletins de ces deux sociétés.



EXPLICATION DES PLANCHES.

Pl. I. *Carte du Wetterhorn et des régions environnantes.* Les parties occupées par les névés et les glaciers sont colorées en bleu. La teinte bleue-claire indique les névés, qui, comme l'on sait, ne descendent pas au-delà de 2600 mètres. La teinte plus foncée représente les glaciers proprement dits, occupant le fond des vallées. Les traits foncés qu'on remarque sur les glaciers représentent les crevasses, qui sont pour la plupart convexes en amont. Les mêmes traits dans l'intérieur des névés et sur les flancs des montagnes, représentent les rimayes (Voyez pag. 192).

Pl. II. *Carte géologique du Wetterhorn et des régions environnantes.* Les différents terrains qui entrent dans la composition de cette partie des Alpes, sont indiquées par des teintes particulières, à l'exception des glaciers et des grands névés qu'on a laissés en blanc. Le rouge représente le granit, le violet le gneiss, et le jaune le calcaire. On a eu soin d'indiquer par des teintes correspondantes les alternances qui s'observent dans l'intérieur des massifs, tels que les filons de granit dans le gneiss, de gneiss dans le granit, ou de calcaire dans le gneiss. J'ai appliqué les mêmes teintes aux roches qui constituent les moraines. Or, comme les moraines cheminent avec les glaciers, il s'ensuit que des moraines d'une espèce minérale peuvent se trouver dans le domaine d'une autre roche, lorsqu'un glacier dans son cours passe d'une région dans une autre. C'est ainsi que le glacier de l'Aar, bien que situé en grande partie dans le domaine du granit, est cependant couvert de moraines gneissiques jusqu'à son extré-

mité. De même aussi le glàcier inférieur de Grindelwald et le glacier de Rosenlaui, charrient des moraines gneissiques jusque dans l'intérieur du domaine calcàire. Enfin les blocs erratiques et les anciennes moraines sont aussi indiquées par leurs teintes minéralogiques propres : les blocs de gneiss des environs de Grindelwald par des points violets, les blocs granitiques des environs de Meyringen et les anciennes moraines de Schwendy, par des points et des traits rouges.

Les profils A B et C D, sont destinés à représenter à la fois le relief des contrées qu'ils traversent, et la limite supérieure des roches polies sur les versants des chaînes et des arêtes. La hauteur de tous les points ainsi que celle qu'atteignent les polis, sont indiquées par les lignes de niveau qui traversent les profils de part en part.

Le profil A B donnera en outre une idée de la structure en éventail ou de cette disposition particulière des couches plongeant des deux côtés vers le centre du massif. Les différentes teintes indiquent aussi ici l'étendue des terrains.

Pl. III. La fig. 1 représente une coupe idéale du système alpin, destinée à faciliter l'intelligence de la formation alpine, telle qu'elle est exposée dans là Notice de M. Studer.

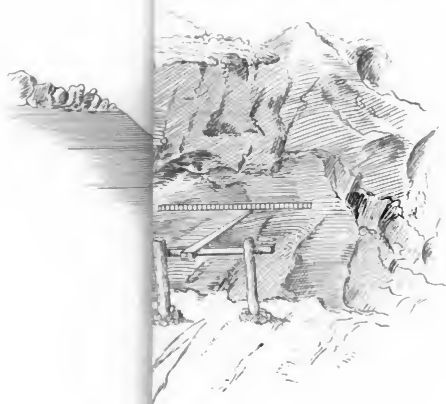
La fig. 2 représente l'appareil destiné à mesurer l'avancement du bord terminal du glacier de l'Aar. (Voyez pag. 68).

La fig. 3 représente un appareil semblable, destiné à mesurer l'avancement du bord latéral du glacier. (Voyez pag. 65).

La fig. 4 représente différentes formes de la neige observées au glacier de l'Aar pendant le mois d'août 1844.




Gault
Gneiss et Micasch
Flysch



45 × 6 - 117-119 -





